

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA
W KRAKOWIE

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

System wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych oparty o metodę roadmappingu

Rozprawa doktorska

Autor:

mgr inż. Przemysław Krystian PUKOCZ

Promotor:

prof. dr hab. inż. Andrzej Maciej SKULIMOWSKI

Kraków 2017



Serdecznie dziękuję wszystkim osobom, bez których ta praca by nie powstała.

Szczególnie pragnąłbym podziękować mojemu promotorowi, Panu prof. dr hab. inż. Andrzejowi Maciejowi Skulimowskiemu, za wszechstronną pomoc oraz wnikliwe i konstruktywne uwagi udzielone mi podczas mojej pracy naukowej.

Chciałbym również okazać wdzięczność mojej Rodzinie za wielką cierpliwość i wyrozumiałość okazaną dla mojego zaangażowania w przygotowanie tej rozprawy.

Przemysław Krystian Pukocz

ROZDZIAŁ 1 WPROWADZENIE, CEL I TEZY ROZPRAWY	7
1.1 WPROWADZENIE W TEMATYKĘ ROZPRAWY ORAZ PREZENTACJA PODSTAWOWYCH POJĘĆ	7
1.2 CEL PRACY	18
1.3 AKTUALNOŚĆ I ZNACZENIE TEMATYKI ROZPRAWY	19
1.4 OBSZARY PROBLEMOWE ROZPRAWY	24
1.5 TEZA PRACY	26
1.6 ZAKRES ROZPRAWY I METODY BADAWCZE.....	27
ROZDZIAŁ 2 METODY, TECHNIKI I NARZĘDZIA SŁUŻĄCE WSPOMAGANIU DECYZJI	31
2.1 ANALIZA DOSTĘPNYCH WZORCÓW SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI	31
2.2 DYSKUSJA DOSTĘPNYCH METOD I TECHNIK W KONTEKŚCIE IMPLEMENTACJI SWD W TRANSFERZE TECHNOLOGII W OPARCIU O METODĘ ROADMAPPINGU.....	50
2.3 PODSUMOWANIE	58
ROZDZIAŁ 3 IDENTYFIKACJA PROBLEMÓW ZWIĄZANYCH Z KONSTRUKCJĄ SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI ORAZ PROPOZYCJA ICH ROZWIĄZANIA.....	59
3.1 IDENTYFIKACJA PODSTAWOWYCH KLAS PROBLEMÓW AKTYWNIIE UŻYTKUJĄCE NARZĘDZIA TRANSFERU TECHNOLOGII I SCENARIUSZE ICH WDRAŻANIA	59
3.2 DYSKUSJA DOSTĘPNYCH MODELI ORAZ NARZĘDZI PLANOWANIA STRATEGICZNEGO I OPERACYJNEGO OPARTYCH O ROADMAPPING TECHNOLOGICZNY	63
3.3 PROPOZYCJA ROZWIĄZANIA PROBLEMÓW IMPLEMENTACYJNYCH ORAZ ANALIZA WYMAGAŃ	68
3.4 PODSUMOWANIE	74
ROZDZIAŁ 4 KONCEPCJA ARCHITEKTURY SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI UKIERUNKOWANYCH NA TRANSFER TECHNOLOGII.....	77
4.1 MODEL SYSTEMU	77
4.2 PROJEKT IMPLEMENTACJI SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI	88
4.3 PODSUMOWANIE	125
ROZDZIAŁ 5 METODY I TECHNIKI SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI.....	127
5.1 IMPLIKACJE METODYCZNE ORAZ TECHNICZNE ROADMAPPINGU TECHNOLOGICZNEGO W OBSZARZE ZARZĄDZANIA TECHNOLOGIAMI	127
5.2 SYSTEM ZDARZEŃ DYSKRETNÝCH JAKO NARZĘDZIE MODELOWANIA ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW TECHNOLOGICZNYCH W METODZIE ROADMAPPINGU	130
5.3 WYBÓR OPTIMALNEJ STRATEGII TECHNOLOGICZNEJ METODĄ PROGRAMOWANIA DYNAMICZNEGO	146
5.4 WIELOKRYTERIALNY WYBÓR STRATEGII TECHNOLOGICZNEJ	149
5.5 SPECYFIKACJA METODY OPTIMALIZACJI WIELOKRYTERIALNEJ W PROBLEMACH PLANOWANIA STRATEGICZNEGO DLA TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH.....	151
5.6 PODSUMOWANIE	161
ROZDZIAŁ 6 WERYFIKACJA MODELU DECYZYJNEGO ORAZ IMPLEMENTACJA SYSTEMU	163
6.1 METODOLOGIA WERYFIKACJI SYSTEMU I PLAN TESTÓW	163
6.2 KONFIGURACJE TESTOWE	165
6.3 SCENARIUSZ TESTOWY I- PROBLEM NPD-MP DLA TECHNOLOGII MOBILNYCH	170
6.4 SCENARIUSZ TESTOWY II PROBLEM NPD-MP DLA TECHNOLOGII BIG DATA	180
6.5 PORÓWNANIE PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA Z INNYMI WZORCOWYMI	209
6.6 PODSUMOWANIE	211
ROZDZIAŁ 7 PODSUMOWANIE	213
7.1 WERYFIKACJA TEZY PRACY	214
7.2 NOWATORSKIE ELEMENTY PRACY	215
7.3 NAJWAŻNIEJSZE ORYGINALNE WYNIKI PRACY	217

7.4 PROPONOWANE SCENARIUSZE DALSZEGO ROZWOJU OPRACOWANEGO SWD	217
BIBLIOGRAFIA.....	219
ROZDZIAŁ 0 DODATKI I SUPLEMENTY	237
0.1 OPCJE RZECZYWISTE JAKO NARZĘDZIE BUDOWY STRATEGII TECHNOLOGICZNEJ	237
0.2 SZCZEGÓŁOWE PROCEDURY UŻYTKOWANE W METODZIE ROADMAPPINGU	245
0.3 PRZEGLĄD OPROGRAMOWANIA PLANOWANIA STRATEGICZNEGO OPARTEGO O METODĘ ROADMAPPINGU	249
0.4 RANKINGOWANIE TESTOWYCH METOD	252
0.5 SCENARIUSZ TESTOWY PP_I– PRZYKŁADOWY WEKTOR DECYZYJNY	253
0.6 SUPLEMENT PRZYKŁADU 5.2	256
0.7 KOD ŹRÓDŁOWY GŁÓWNYCH KOMPONENTÓW SYSTEMU	258
SKOROWIDZ	263
WYKAZ SKRÓTÓW	265
SPIS RYSUNKÓW	267
SPIS TABEL.....	271
KOD ŹRÓDŁOWY	273
ABSTRACT	275
STRESZCZENIE	277

Rozdział 1

WPROWADZENIE, CEL I TEZY ROZPRAWY

W tym rozdziale zostaną zaprezentowane kluczowe kwestie znajdujące się u podstawy rozprawy. Na wstępie zostanie przedstawione praktyczne znaczenie problematyki rozprawy. Prezentowane zagadnienie ma szczególne znaczenie dla firm aktywnie stosujących technologie informatyczne, w których aktywny obrót technologiami jest działaniem powszechnym i wymagalnym. Następnie zostanie przedstawiony cel oraz obszary problemowe rozprawy. Finalnie zostanie zaprezentowana teza pracy oraz zakres niniejszej rozprawy.

1.1 Wprowadzenie w tematykę rozprawy oraz prezentacja podstawowych pojęć

Poniżej zostaną przedstawione definicje najbardziej istotnych pojęć używanych w niniejszej rozprawie, będą one pomocne do sformułowania celu, tezy i zakresu niniejszej rozprawy, a w szczególności wskażą konkretny kontekst wyboru tematu rozprawy i zastosowań stworzonego i omówionego w niniejszej rozprawie systemu wspomagania decyzji. Definicje te stanowią bowiem bazę pojęciową spójną z obszarem zastosowań zrealizowanego rozwiązania informatycznego w zagadnieniach transferem technologii. Poniżej zostaną omówione cztery podstawowe pojęcia: *innowacja*, *transfer technologii*, *roadmapping* oraz *system wspomagania decyzji*.

1.1.1 Podstawowe pojęcia i definicje

Trudno o jednoznaczną definicję pojęcia *innowacja*. Na potrzeby niniejszej pracy przyjęto taką jej wersję, która jest spójna z celem i funkcjonalnością systemu informatycznego przedstawionego w kolejnych rozdziałach. Innowacje to elementy procesu sukcesywnych przemian gospodarczych, społecznych oraz technologicznych poprzez wprowadzanie nowości na skalę podmiotu, regionu lub globalną. Innowacje mogą dotyczyć produktów lub usług (tzw. innowacje produktowe), technologii bądź też całych procesów, w tym sposobów organizacji (innowacje procesowe). Jeśli innowacja dotyczy tylko zmian organizacyjnych, to nazywana jest innowacją organizacyjną, a jeśli marketingu – innowacją marketingową.

W pracach Grazińskiej i Mojsiewicz [1], Mazurek-Kucharskiej i in. [2], Brozan i in. [3], Baczek i in. [4] dokonano diagnozy obecnego stanu innowacyjności małych i średnich przedsiębiorstw (skrót *MŚP*) w Polsce. Różne aspekty wdrażania innowacji w przedsiębiorstwach informatycznych w kontekście wykorzystania wyników foresightu technologicznego omówione zostały w obszernych monografiach Skulimowski i Pukocz [5-7]. Wg wskazanych wyżej autorów, stosunkowo niska konkurencyjność rodzimych przedsiębiorców wynika między innymi z:

- braku szerszej dostępności innowacyjnych rozwiązań,
- trudności w identyfikacji sytuacji wyjściowej,
- niskiej efektywności asymilacji technologii oraz praw IP, braku efektywnych reguł i doświadczenia współpracy z organizacjami doradczymi i naukowymi,
- niewystarczającego know-how w zakresie wykorzystania wyników foresightu technologicznego i organizacji procesów roadmappingu

czy też

- braku umiejętności pozyskania środków ze specjalistycznych funduszy, np. venture capital, na rynku kapitałowym oraz z różnych programów pomocowych wspierających działania innowacyjne.

Wprowadzanie systemów informatycznych wspomagających przedsiębiorców we wskazanych obszarach może być stymulatorem procesów innowacyjnych i wzrostu konkurencyjności. Przedsiębiorcy mogą zainicjować lub zintensyfikować działalność prorozwojową poprzez aktywne wykorzystywanie dostępnych źródeł innowacji, do których należą:

- inwestycje w nowoczesne maszyny, urządzenia i wartości niematerialne i prawne, w tym zakup oprogramowania
- zakup pozostałych wartości niematerialnych i prawnych, z wykorzystaniem IP, np. patentów, licencji, usług zewnętrznych
- zakup know-how oraz współpraca z jednostkami B+R, celem opracowania indywidualnych rozwiązań,
- współpraca z innymi podmiotami (sojusze), celem rozwoju unikatowych i drogich technologii,
- wykorzystanie wyników technologicznych studiów perspektywicznych, w tym zwłaszcza prognoz i foresightu technologicznego (Pukocz, 2006).

Funkcjonowanie na konkurencyjnym rynku wymusza stosowanie strategii wymagającej wprowadzenia procesów akwizycji nowej wiedzy oraz odpowiedniego zarządzania już posiadanymi zasobami. Działania te wymagają ustawicznego procesu obserwacji otoczenia, poszukiwania nowych trendów rynkowych, technologicznych, naukowych i społecznych, śledzenia współczesnych osiągnięć naukowych. Sam proces pozyskiwania technologii oraz innowacji stwarza wiele problemów natury prawnej, organizacyjnej i technicznej. Na wstępnym etapie pozyskania tych komponentów, istotnymi problemami są identyfikacja oraz weryfikacja potencjalnych źródeł ich akwizycji. Dla przedsiębiorcy nie każdy potencjalny element wiedzy stanowi źródło innowacji, lecz ich filtracja jest ściśle powiązana z obecnym stadium rozwoju organizacji.

Innowacje, są aktywnym wymagającym koordynacji wielu złożonych procesów, których celem jest osiągnięcie oczekiwanego dla przedsiębiorcy rezultatu w formie wdrożonej usługi, produktu lub specyfikacji technologii (także dedykowanej do obrotu). Innowacja wymaga aktywności na wielu polach, między innymi w obszarach: intelektu (praca badawcza), wartościowania technologii (szacowanie wartości komercyjnej), optymalizacji procesów (analiza konsekwencji podejmowanych decyzji), metod eksploatacji trendów oraz prognozowanie (sposoby pozyskania i jej wdrożenia). W tym kontekście dla przedsiębiorców przedmiotem zainteresowania powinna stać się technologia, jako przedmiot wymiany pomiędzy poszczególnymi aktorami systemu innowacyjnego. W tym kontekście, system innowacyjny (skrót *SysIn*) będzie definiowany jako sieć powiązań pomiędzy podmiotami zainteresowany podniesieniem ich potencjału innowacyjnego, przykładowo Pukocz [8]).

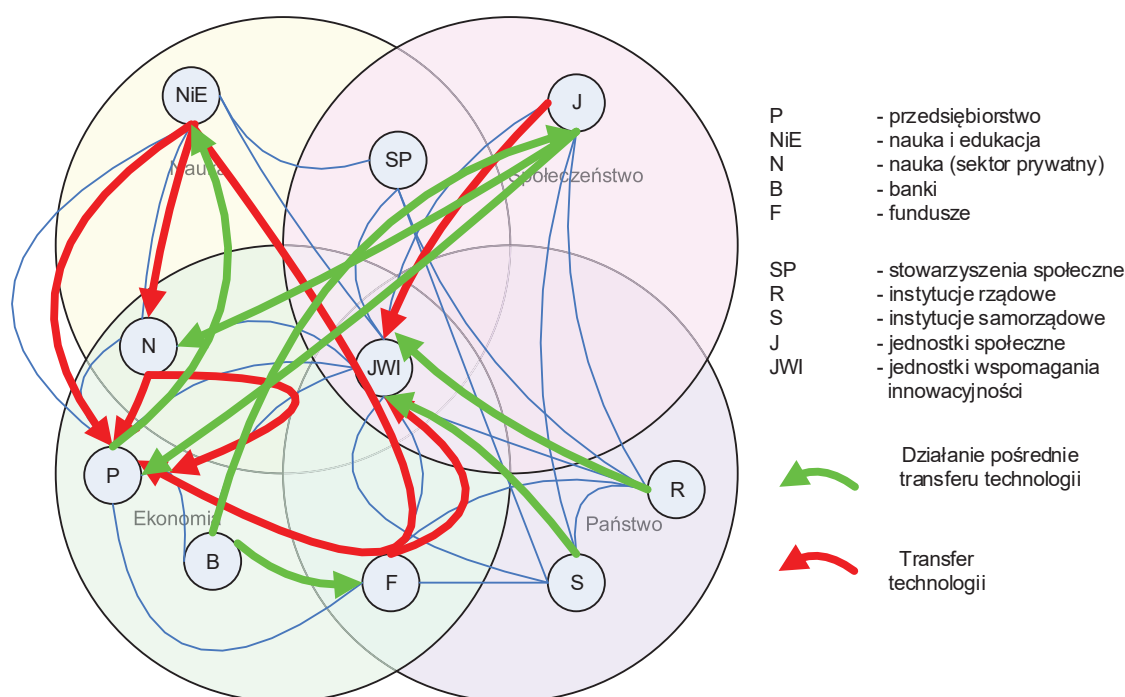
Technologia to umiejętność praktycznego wykorzystania określonych zasobów materialnych i wiedzy do rozwiązania z góry zdefiniowanego problemu produkcyjnego. Znaczenia słowa „*technologia*” można poszukiwać w greckim pierwowzorze „*τεχνολογία*”, które interpretuje się, jako: „*τέχνη*” - umiejętność lub zdolność, „*λογία*” - nauka (studiowanie) pewnej dziedziny wiedzy. W *Słowniku Wyrazów Obcych* [9] technologia jest też określana jako zbiór procesów służących przetworzeniu materiałów, półproduktów bądź gotowych wyrobów w określony produkt, przez wykonanie zdefiniowanego zbioru czynności. Technologia stanowi pewien rezultat działalności człowieka zmierzający do uzyskania określonego wytworu, przy czym wymagana jest także wiedza dotycząca metod jego wytwarzania.

Przedsiębiorcy pragnący prowadzić i rozwijać własną działalność, powinni w odpowiedni sposób zapewnić sobie zaplecze technologiczne, np. tworzyć portfele technologii (dobierać i ustawicznie monitorować) przestrzeń praw własności intelektualnej, budować strategie obrotu technologiami i inne. Jedną z możliwości zapewnienia sobie tych zasobów niezbędnych do działalności organizacji, może być skorzystanie z metod transferu technologii.

Transferem Technologii (skrót *TT*) nazywa się szeroko rozumiany proces ukierunkowany na przenoszenie wiedzy i kompetencji w celu ich praktycznego zastosowania w określonej dziedzinie aplikacyjnej.

Transfer technologii jest ciągiem działań bazującym na przekazaniu wiedzy niezbędnej do uruchomienia (wdrożenia) procesu bądź technologii w innym podmiocie będącym beneficjentem tej

wymiany. Proces transferu technologii wymaga również zapewnienia odpowiedniej ochrony własności przemysłowej na każdym z jego etapów oraz prawidłowego wdrożenia procedur zarządzania własnością intelektualną (skrót IP). Transfer technologii może być jednym z elementów głębszej strategii zmierzającej do stworzenia organizacji bazującej na działaniach ustawicznego pozyskiwania i dyfuzji technologii. Organizacje tego typu wymagają: identyfikacji potrzeb technologicznych i procesowych, wnikliwej obserwacji otoczenia, dostarczenia procedur pozyskania i dyfuzji technologii oraz innowacji. Transfer technologii to działania zmierzające do przemieszczenia pomiędzy zainteresowanymi stronami technologii z wykorzystaniem między innymi: ukierunkowanych badań naukowych, analiz rynkowych oraz technologicznych, przeprowadzenia procesów wdrożeniowych u partnerów, budowy strategii licencjonowania technologii, itd. TT wykorzystuje wiele komplementarnych metod, które mogą nie być utożsamiane bezpośrednio z tym pojęciem. Normatywnie, działania w tym zakresie mogą przybrać formę: sprzedaży patentów, licencji czy know-how, jak również nawiązania współpracy przemysłowej, realizacji przedsięwzięć joint venture oraz świadczenia usług technicznych lub doradczych. W szerokim rozumieniu można uważać za elementy TT wszelakie działania związane z popularyzacją myśli technicznej, które nie muszą odbywać się na zasadach rynkowych, takie jak np. rotacja pracowników, wizytacje, konferencje oraz szkolenia, itp. Podsumowując, przedmiotem transferu technologii może być informacja i wiedza, która może być przekazywana pod dwoma postaciami: wiedzy technicznej lub procedur.



Rys.1.1 Transfer wiedzy i technologii w systemie innowacyjnym.
Źródło: Opracowanie własne, [8].

W analizie przepływów pomiędzy poszczególnymi uczestnikami pomocna może być wizualizacja procesu transferu technologii w formie tzw. modelu *systemu innowacyjnego* (skrót *SysI*, por. [8]) przedstawiona na Rys.1.1. Na tym diagramie wyszczególniono dwa główne przepływy: działania pośrednie oraz właściwy transfer technologii. Działania pośrednie związane są z przygotowaniem lub wsparciem samego procesu transferu technologii (wsparcie środowiska), np. projekty infrastrukturalne, tworzenie źródeł dofinansowania (fundusze), przygotowanie odpowiedniego ustawodawstwa lub innych form wsparcia tego procesu (ulgi podatkowe lub dotacje), itd.

Zadaniem procesu TT jest odpowiednie przygotowanie i przeprowadzenie transakcji przeniesienia własności intelektualnej pomiędzy zainteresowanymi stronami na określonych warunkach. Wykorzystuje się w tym względzie m.in.:

- próby odtwarzania technologii i wiedzy (w ramach prawa),
- opracowanie własnych rozwiązań technologicznych w oparciu o częściowo pozyskaną wiedzę,
- przejęcia, alianse, fuzje (także w sferze R&D),
- katalogowanie oraz dostosowanie (także pozyskanie) na zamówienie dostępnej publicznie (open source, public domain, inne) technologii i wiedzy,
- zlecenia działań R&D podmiotom obcym/zewnętrznym, tzw. szeroko rozumiany outsourcing technologiczny i badawczy,
- wymianę barterową technologii, wiedzy oraz patentów,
- licencjonowanie technologii oraz procesów technologicznych,
- zakup oraz transfer gotowych technologii i procesów,
- umiejętne przygotowanie własnych technologii do sprzedaży i licencjonowania obcym podmiotom.

Proces transferu technologii często jest postrzegany jako działanie kosztowne, skomplikowane oraz wymagające zaangażowania dużej ilości zasobów. Skorzystanie z profesjonalnych instytucji pośrednictwa oraz doradztwa pozwala na znalezienie właściwych metod TT oraz ich poprawne wdrożenie. Można również oczekiwać, że użytkowanie dedykowanego oprogramowania informatycznego wdrożonego w sposób systemowy, może w znaczny sposób wspomóc i intensyfikować działania transferu technologii w różnych podmiotach. Aktywne użytkowanie metod transferu technologii może zapewniać wielu podmiotom uzyskanie faktycznej przewagi konkurencyjnej. Analizowanie jak największej liczby efektywnych alternatyw na poziomie decyzyjnym i sprawne (w oparciu o nie) konstruowanie planów strategicznych, powinno stanowić podstawę nowoczesnych podmiotów gospodarczych aktywnie użytkujących metody transferu technologii.

Transfer w tym przypadku nie musi oznaczać zaangażowania dużego kapitału, ale może być przedmiotem realizacji planu strategicznego opartego o rozdział zadań i oczekiwanych udziałów w zyskach do kilku wykonawców lub kooperantów. Ze strategicznego punktu widzenia, działania te efektywnie mogą przyjąć formę, np. barteru usług i technologii, budowy konsorcjów opracowujących dane rozwiązanie technologiczne, strategicznego wykupu praw intelektualnych i innych.

Alternatywnym sposobem opracowania technologii jest tzw. otwarta innowacja (ang. *open innovation*) i crowdsourcing. Firma identyfikuje problem technologiczny (opisuje problem), gdzie następnie wyznaczana jest również nagroda za jego rozwiązanie. Rozwiązania proponowane przez zainteresowane podmioty (osoby prawne, jednostki indywidualne, innowatorów) na podstawie konkursu łączą w sobie kwestie biznesowe, ale też społeczne i środowiskowe. Inną możliwością współpracy w ramach otwartych innowacji jest wspólne działanie (ang. *co-opting*). Przedstawiona forma współdziałania stanowi jedną z popularniejszych typów otwartych innowacji, szczególnie popularna w kontekście odpowiedzialnego biznesu. Na tej podstawie można twierdzić, że partnerstwo podmiotów aktywnie zaangażowanych w tworzenie produktów i technologii na podstawie otwartej innowacji pozwala na redukcję kosztów procesu pozyskania technologii. Wszystkie wymienione działania powinny być przedmiotem użytkowania metod optymalizacji decyzyjnej, a wdrożenie narzędzi informatycznych w działalność operacyjną wymaga opracowania planu aktywnego wykorzystania ze wszystkich dostępnych narzędzi TT.

Sukces wdrożenia TT w danym podmiocie wymaga odpowiedniej kombinacji wewnętrznych oraz zewnętrznych źródeł pozyskiwania i dyfuzji technologii.

Proces transferu technologii nierozdzielnie powiązany jest z pojęciem komercjalizacji technologii. Kluczowym elementem procesu TT, może być proces komercjalizacji. *Komercjalizacją technologii* określa się zespół działań mających na celu wartościowanie technologii (głównie w sensie finansowym), ochronę jakościową (dotrzymanie wymagań) oraz prawną własności intelektualnej IP, gdzie efekt końcowy stanowi eksploatacja tych wartości na zasadach komercyjnych.

Nie każdy z przedsiębiorców jest świadomy wartości posiadanych aktywów technologicznych, w tym praw własności intelektualnych. Kreowanie strategii przedsiębiorstwa powinno uwzględniać budowę potencjału strategicznego w oparciu o nowe technologie. Prawidłowy proces decyzyjny musi

pomóc przedsiębiorcy w kreowaniu wartości własnych zasobów, budowie portfeli technologicznych oraz obrocie ich składnikami. Przykładowo, proste narzędzia informacyjne wspomagające proces komercjalizacji technologii mogą przybrać formę dedykowanych portali tematycznych lub innych narzędzi, podobnie jak ma to miejsce w pracy Agarwal i in. [10].

Wdrażanie narzędzi transferu technologii wymaga wkomponowania ich w ogólne cele organizacji użytkującej technologie. Cele te określa się z reguły w ramach planowania strategicznego, dlatego też poniżej przedstawię krótki przegląd metod i narzędzi budowy strategii TT. Podstawą funkcjonowania współczesnych organizacji stanowi nie tylko budowa strategii lecz także możliwość jej dynamicznej modyfikacji w warunkach szybko zmieniającego się otoczenia. Planowanie strategiczne obejmuje identyfikację celów i wybór działań zmierzających do ich osiągnięcia przy uwzględnieniu bezwładności oraz zmiennego charakteru czynników środowiskowych. Problemem dla wielu podmiotów jest transformacja strategii na działania o charakterze operacyjnym oraz wypracowanie sposobu modyfikacji planu strategicznego pod wpływem różnych bodźców (w tym zewnętrznych). Umiejętność przełożenia celów strategicznych na odpowiednie działania operacyjne, również w aspekcie TT, pozwala podmiotowi na osiągnięcie koherencji i elastyczności działania. W tym zakresie obserwuje się dziś zasadnicze braki kompetencyjne firm, przede wszystkim w obszarze transferu technologii.

W literaturze badacze w odmienny sposób definiują pojęcie strategii, można spotkać między innymi następujące sformułowania definiujące pojęcie *planu strategicznego*:

- kompletny plan w sensie sekwencji decyzji wyznaczony dla każdej możliwej sytuacji (von Neumann, Morgenstern [11]),
- kompleksowa analiza sytuacji i jej dynamiczna zmiana w przypadku pojawiających się potrzeb (Drucker [12]),
- sekwencja decyzji definiujących zachowanie w pewnych sprecyzowanych przedziałach czasu, interpretowana jako strategia (Simon [13]),
- strategia zmierzająca do określenia długofalowych, istotnych celów organizacji i przyjęcie takich działań oraz takiej alokacji zasobów, które pozwalają na zrealizowanie celów (Chandler [14]).
- strategia to ujednolicony i zintegrowany plan działania, przez wdrożenie którego organizacja jest w stanie powiązać strategiczne korzyści z wyzwaniem środowiska, co zapewnia realizację podstawowych celów (Hampton.[15]),
- strategię należy rozpatrywać w kategoriach formułowania misji, zamierzeń i celów organizacyjnych; polityki i programów pozwalających na osiągnięcie ich przez organizację (Steiner i in. [16]),
- strategia jest koncepcją systemowego działania, która wymusza formułowanie zbioru długookresowych celów organizacji i ich modyfikacji zależnej od zmian zachodzących w jej otoczeniu, identyfikacji zasobów koniecznych do realizacji wskazanych celów oraz sposobów postępowania formułowanych w sposób optymalny (Penc [17]).

Wspólną cechą przedstawionych sformułowań jest kilka przymiotników opisujących *strategię*, jako spójne, celowe oraz optymalne czasowo podejmowanie zdefiniowanych wcześniej (na etapie planowania) akcji. Wobec tego strategię można sformalizować jako ukierunkowane działania podmiotu zmierzające do realizacji zamierzonych celów częściowych i globalnych (np. wyznaczonego kamienia milowego, wartości istotnych parametrów organizacji, zmniejszenia ryzyka prowadzonej działalności, itd.) w dynamicznym zewnętrznym środowisku.

Podmiot może formułować swoją strategię na następujących poziomach: przedsiębiorstwa (*corporate strategy*), jednostki większego podmiotu (*business strategy*), funkcjonalnym (*functional strategy*). Na każdym z tych poziomów może być tworzona strategia funkcjonowania organizacji (również hierarchiczna). Metody budowy strategii przewidują wykorzystanie wielu różnorodnych metod, do których należą, między innymi:

- 1) Analiza otoczenia, w której badaniu poddawane są następujące obszary:
 - a) otoczenia makro – metody analizy: PEST, PEEST, metody scenariuszowe, wśród nich metody scenariuszy możliwych zdarzeń, symulacyjne, stanów otoczenia, ekstrapolacja trendów, analiza luki strategicznej, opinie ekspertów,

- b) otoczenie mikro – konkurencyjne – analiza 5 sił M.E. Portera [18], profil ekonomiczny sektora, punktowa ocena atrakcyjności sektora, mapa grup strategicznych, kluczowych czynników sukcesu,
- 2) Analiza wewnętrzna:
 - a) bilans strategiczny przedsiębiorstwa,
 - b) analiza kluczowych czynników sukcesu,
 - c) analiza łańcucha wartości,
 - d) cykl życia produktu i technologii,
 - e) metody portfelowe,
- 3) Cele i wartości kadry kierowniczej:
 - a) ocena pozycji strategicznej przedsiębiorstwa - analiza SWOT i jej dynamiczne uogólnienie SWOTC [19],
 - b) definicja wariantów strategicznych i decyzje strategiczne,
 - c) budowanie planu strategicznego w rozbiu na poszczególne obszary funkcjonalne.

Wskazane powyżej metody mają zastosowanie przy planowaniu strategicznym wielu różnych podmiotów. Dobór właściwych narzędzi winien być: poprzedzony rzeczową analizą uwarunkowań środowiskowych, określeniem preferencji decydentów w kwestii doboru metod, jak i docelowych efektów wymaganych przez zarząd.

Przytoczony powyżej wybór narzędzi pozwala na dobór metody planowania strategicznego w sposób adekwatny dla danego podmiotu. Dostosowanie zakresu oraz wyboru metodyki do docelowego obiektu analizy, musi być poprzedzone rzeczową analizą potrzeb i zakresu implementacji. Jeśli organizacja jest duża, wówczas planowanie strategiczne jest procesem bardziej wymagającym (kompetencyjnie) oraz złożonym pod względem procesowym. Zastosowanie powyżej wymienionych technik wymaga posiadania odpowiednich kompetencji oraz biegłości w stosowaniu wskazanych narzędzi w praktyce.

Pierwszy aspekt problemowy implementacji metod planowania strategicznego stanowi zagadnienie projektowania samego procesu zarządzania strategicznego w podmiotach. Organizacje wymagają procesu planistycznego, elastycznego oraz kompleksowego. Proces ten miałby również uwzględniać możliwość wpływu ewolucji organizacji, jak i jej otoczenia na planowanie. Z drugiej jednak strony praktyka planowania struktury oraz narzędzia kontroli powinny umożliwiać weryfikację postępów, wymuszać krytyczną samoocenę oraz promować szeroko pojęte dążenie do zmian w podmiocie. Projektowanie sprawnego procesu planowania strategicznego musi wiązać się ze świadomością zmian w organizacji oraz z ciągłym poszukiwaniem nowych modeli funkcjonowania. Powinno uwzględniać aspekt eksperymentowania, świadomości ponoszenia ryzyka działań wynikających ze zmian, zdolność do rozwiązywania konfliktów.

1.1.2 Wprowadzenie do roadmappingu technologicznego

Jedną z metod planowania strategicznego pozwalającą na integrację wspomnianych wyżej narzędzi, celem opracowanego spójnego planu strategicznego z wykorzystaniem narzędzi TT, stanowi tzw. roadmapping technologiczny (ang. *technology roadmapping*, skrót *TRM*) Skulimowski i Pukocz [20]. Roadmapping należy do kategorii metod planistycznych i analitycznych umożliwiających tworzenie kompleksowej strategii dla wielu różnorodnych zagadnień problemowych. Wskazana metoda jest jedną z form planowania, która dostarcza narzędzi pozwalających na: redukcję niedoborów informacyjnych, umożliwia uwzględnienie niepewności otoczenia, a także dostarcza narzędzi implementacji metody w różnego typu organizacjach. W kontekście niniejszej rozprawy właściwe jest posługiwanie się definicją roadmappingu w następujący sposób:

Roadmapping (skrót RM) należy rozumieć, jako pewien całościowy schemat funkcjonowania systemu informacyjnego wspomagającego proces planowania strategicznego w oparciu o rzeczową analizę otoczenia podmiotu obecnie i jego zmian w przyszłości.

Z punktu widzenia niniejszej rozprawy wśród różnych wariantów roadmappingu wyróżnimy roadmapping technologiczny, w skrócie TRM. Pierwotnie metoda roadmappingu była

wykorzystywana głównie w zastosowaniach planowania technologicznego w dużych korporacjach, takich jak: Motorola [21], Philips Electronics [22], Lockheed Martin [23], [24], Intel [25, 26], które z wykorzystaniem tej metody aktywnie kreowały własną strategię technologiczną oraz naukową. Formalnie, poszukując genezy metody roadmappingu, należy sięgnąć do pierwotnych prac badawczych wykonanych w Motoroli [21]. Rozpoczęcie prac nad roadmappingiem w tej korporacji można datować na późne lata 70, kiedy to była ona wykorzystywana głównie jako narzędzie rozwoju technologii i produktów. Współcześnie metodologia roadmappingu nabrała szerszego wydźwięku pragmatycznego, migrując do wielu nowych obszarów problemowych. RM obecnie staje się popularnym narzędziem aktywnego kreowania spójnej polityki w różnego typu podmiotach, takich jak instytucje finansowe, agencje rządowe, instytucje badawcze, i inne. Metodologię tę stosuje się między innymi w następujących obszarach problemowych:

- *tworzenia polityki*, przykłady w: Bicking i Wimmer [27], Yasunaga i in.[28];
- *budowie strategii korporacyjnych, sektorowych i produktowych*, przykłady w: Geum i in.[29], Komssi i in. [30], Lee i in.[31];
- *kreowaniu strategii naukowo-badawczych i innowacyjnych*, przykłady w: Chowdhury i Thien [32], Zhang i in. [33];
- *budowie strategii regionalnych i lokalnych*, przykłady w: Phaal i in. [34], Kindras i in. [35];
- *wiele innych (więcej przykładów można znaleźć w pracy McKenzie i in. [36]).*

Identyfikuje się współcześnie kilka ośrodków kompetencyjnych zainteresowanych pracami badawczymi związanymi z zagadnieniami roadmappingu. Do największych oraz najaktywniejszych ośrodków należą:

- Purdue University Centre for Technology Roadmapping (<http://www.purdue.edu>),
- Sandia National Laboratories, Fundamentals of Technology Roadmapping (<http://www.sandia.gov>),
- Albright Strategy Group (<http://www.albrightstrategy.com>),
- Mind The Product (<http://www.mindtheproduct.com>)
- University of Cambridge, Institute for Manufacturing, Centre for Technology Management (<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/research/ctm/>).

W wielu pracach naukowych na przestrzeni lat, można znaleźć potwierdzenie wysokiego pragmatycznego potencjału RM, wyszczególnia się między innymi pracę Petrick i Echols [37], Choomoon i Leeprechanon [38], Arshed [39]. Zawarte w wielu pracach naukowych tezy o łatwości eksploatacji metody w licznych odmiennych obszarach aplikacyjnych, świadczą o wysokich cechach uniwersalności oraz elastyczności metody. Paradygmat jej uniwersalności potwierdza również niezmiernie duża aktywność publikacyjna notowana w wielu odmiennych od siebie sferach życia gospodarczego, politycznego i społecznego, przykładowo: Blackwell i in. [40], Ioannou [41], Aghassi [42].

Różnorodność skali oraz tematyki aplikacji metody RM skutkuje brakiem jednolitych standardów implementacji metody. Każdy autor posiada indywidualną wizję metody. Brak wspólnych standardów oznacza egzystencję wielu sprzecznych notacji i powoduje utrudnienia we właściwej implementacji. Zależnie od dziedziny problemu, poszczególne aplikacje różnią się celem analizy, grupą docelową oraz szczegółami technicznymi. Szczegóły techniczne są dopracowane indywidualnie dla każdej metody implementacji, gdzie definiuje się takie elementy, jak: ilość i rodzaj warstw, ilość analizowanych czynników, rodzaj rozważanych związków czasowych i kauzalnych, horyzont czasowy itp.

Proces decyzyjny zakładał pierwotnie opracowanie mapy drogowej i na tej podstawie przeprowadzenie rzeczowej analizy oraz dyskusji zmierzającej do utworzenia planu strategicznego użytkującego metody transferu technologii. Przebieg stosowania metody powinien przewidywać interakcyjny charakter procesu, celem kreatywnego budowania diagramu oraz jego analizy dla zdefiniowanego systemu. Na przestrzeni lat metoda TRM ewoluowała, a głównym wyznacznikiem jej zmian są prace Phaala oraz jego współpracowników, między innymi: Kerr i in. [43], O'Sullivan i in. [44], Routley i in. [45] i wielu innych. Zmiany te głównie polegały na uszczegółowianiu, dodawaniu nowych metod ułatwiających opracowanie mapy drogowej, itp.

Podstawą stosowania TRM jest poszukiwanie metod i narzędzi adekwatnych do aplikacji w podmiotach funkcjonujących w dynamicznym i konkurencyjnym otoczeniu technologicznym. Często środowisko egzystencji podmiotu charakteryzuje się dużym stopniem skomplikowania oraz podlega wielu zmianom wynikającym z gwałtownego postępu wiedzy i technologii. W przytoczonych uwarunkowaniach wymagana jest wyjątkowo uważna obserwacja otoczenia i konieczność modyfikacji strategii organizacji. Teece i in. [46] rozumiał dynamiczną zdolność organizacji, jako zdolność podmiotów do integracji, budowania oraz rekonfiguracji własnych kompetencji w odpowiedzi na zmiany środowiskowe. W kontekście systemu wspomagania decyzji, który jest tematem niniejszej rozprawy, ważne jest zaakcentowanie faktu, że technologia stanowi jedną z przyczyn procesów występujących w otoczeniu. Stymulowana ewolucja technologii może stanowić narzędzie reakcji przedsiębiorcy na zmienne uwarunkowania otoczenia. Wykorzystanie zasobów technologicznych przez aktywną akwizycję i dyfuzję technologii jest elementem strategii współczesnych organizacji. Walsh [47] potwierdza, że RM może być ważnym elementem procesu szybkiej komercjalizacji innowacji, a także elementem dynamicznym selekcji technologii wymaganej do zapewnienia ciągłości procesów przedsiębiorcy. Owe działania stanowią składowe tzw. procesu zarządzania technologiami. Gregory [48] definiuje proces zarządzania technologiami jako:

- identyfikację technologii, które są lub mogą być istotne dla organizacji;
- selekcję technologii wspieranych przez organizację;
- nabycie i asymilację wybranych technologii;
- eksploatację technologii generujących zyski lub przynoszących inne korzyści;
- ochronę wiedzy w organizacji.

Proces ten można usytuować w obrębie następujących czterech obszarów: zarządzanie R&D, zarządzanie innowacjami, planowanie technologiczne oraz strategiczne planowanie technologiczne (Drejer, [49]).

Wszystkie te elementy mogą być wsparte bezpośrednio przez metody RM oraz implementowane elastycznie w każdej działalności gospodarczej. Pogląd ten podziela TRM, można postrzegać jako element sprawnego kierowania procesem zarządzania technologiami DeGregorio [50]. Grossman [51] w empirycznych badaniach potwierdził pozytywne efekty TRM w obszarze identyfikacji szans biznesowych oraz nisz rynkowych. TRM może być również narzędziem kreowania strategii R&D przez kształtowanie, integrowanie oraz monitorowanie wszystkich działań zmierzających do budowania strategii korporacyjnej (Larsson [52]). Rinne [53] uważa, że TRM powinien być postrzegany jako infrastruktura dla innowacji, gdzie dokonuje się eksploracja posiadanych wzorców wiedzy i technologii (również w sensie ewolucyjnym), celem poszukiwania potencjalnych możliwości wdrażania technologii. Z kolei Phaal i in. [44] rozszerza ten pogląd i stwierdza, że RM winien być postrzegany jako metoda identyfikacji i modelowania technologii wyłącznie w kategoriach oczekiwanej przyszłości. Z punktu widzenia przedsiębiorcy, istotne jest pozyskiwanie narzędzi pozwalających na poszukiwanie wzorców technologii stabilnych rynkowo o długim cyklu życia produktu oraz gwarantujących zyskowność przedsięwzięcia.

RM jest często mylnie utożsamiany z PERT, które jako metodą stosowaną do planowania oraz kontroli realizacji projektu. Pogląd ten wynika z błędnego przeświadczenia o identycznej interpretacji diagramów roadmappingowych z diagramami metody PERT oraz stosowania wykresów Ganta. gdy tymczasem RM jest techniką planowania bardziej odległej przyszłości. TRM jest przede wszystkim metodą identyfikacji możliwych wizji przyszłości w kontekście technologii charakteryzujących się pewnymi własnościami użytkowymi z punktu widzenia interesariuszy roadmappingu. Barker i Smith [54] widzą TRM systemowo, jako metodę planowania przyszłości, za pomocą której prognozuje się występowanie wewnętrznych i zewnętrznych czynników wpływających na działania operacyjne podmiotu (głównie w obszarach technologicznych).

Elementem wspólnym powyższych rozważań jest twierdzenie, że TRM stanowi narzędzie budowy i monitorowania wizji technologicznej podmiotów. W tym kontekście ([34], [55]) można wyróżnić podstawowe zastosowania RM, jako m.in. planowanie produktu, usługi, zdolności operacyjnej, strategiczne, długoterminowe, zasobów wiedzy, programów, procesów oraz integracji. W obszarze sfery badawczej Kostoff i in. [56] identyfikuje zastosowania RM i TRM do: identyfikacji

i modelowania badań, rozwoju technologii, administracji projektami badawczymi. RM jest również użytecznym narzędziem analizy wrażliwości pomiędzy realnymi zdolnościami docelowymi organizacji, a potrzebą kalkulacji kosztów działalności, dążeniem do efektywności procesów (w sensie operacyjnym), czy analizą ryzyka przedsięwzięcia (np. Kostoff i in. [56]). Według Phaal i in. [34] zarządzanie technologiami poprzez proces RM zmierza do tworzenia i utrzymywania powiązań pomiędzy zasobami (w tym aktywami technologicznymi), a celami biznesowymi. Można zatem postawić hipotezę, że RM jest metodą efektywnego zarządzania technologiami. Efektywny proces zarządzania technologią jest osiągalny wyłącznie poprzez stosowanie narzędzi Transferu Technologii, tj.: nabywanie, eksploatację, selekcję oraz ochronę aktywów technologicznych. Na podstawie własnych doświadczeń w zakładach Philips Groenvend [57] potwierdza, że RM jest metodą wzrostu aktywności w obszarze szeroko rozumianej kreatywności. Dodatkowym determinantem poprawności wdrożenia metody (por. Probert i in. [58], Firat i in. [59],) jest możliwość zastosowania w procesie RM wyników foresight, jako komplementarnego komponentu. Stwierdzenie to również potwierdzają wnioski znajdujące się w pracach autora: Skulimowski [60], Skulimowski i Pukocz [61], [62], [7]

W poprzedniej dekadzie, Galvin [63] wskazywał na przykładzie Naukowego RM, zasadność zastosowania metody w NASA oraz w innych organizacjach badawczych. Prawidłowe zarządzanie aktywami IP w połączeniu z zarządzaniem technologiami, pozytywnie wpływa na akcelerację tworzenia nowej wiedzy. Autor konkluduje, że podmiotom przynosi korzyść stosowanie pełnego spektrum różnych metod RM.

Elastyczność RM bezpośrednio potwierdzają zakończone z powodzeniem próby wdrożenia metody w wielu odmiennych obszarach dziedzinowych, w których można wyróżnić między innymi:

- zarządzanie portfelem produktów i technologii – Lehtola [64], RM pełniło tu funkcje operacyjne dla firmy z sektora ICT przy specyfikacji komponentów oprogramowania, (element wspomagania inżynierii wymagań) oraz Fleuryl i in. [65], gdzie zastosowano metody dla podmiotu tworzącego oprogramowanie (software); zarządzanie portfelem produktów i technologii,
- zarządzanie portfelem technologicznym - Grossman [51] oraz Kim i Park. [66], przedstawiają implementację odpowiednio dla General Motors Technology oraz Management Group (TMG) w obszarze zarządzania portfolio produktów oraz technologii, wspomagania działań operacyjnych, poszukiwania metod skrócenia czasu wprowadzenia produktu na rynek czy eliminacji duplikatów projektów,
- identyfikacja luk technologicznych - Rockwell Automation [67], do identyfikacji wiedzy oraz luk kompetencyjnych organizacji celem lepszego zarządzania technologiami czy IP. Realną korzyścią użytkowania metody była prawidłowa identyfikacja potrzeb rynkowych oraz niezbędnych kompetencji (wiedza, patenty),
- zarządzanie projektem w ujęciu technologicznym - Farrukh i in. [55] analizowali zastosowanie RM w Lucas do budżetowania technologii oraz Post Office Research Group do śledzenia aktywności projektowej (kodowania aktywności, rynek, uczestnicy, status projektu, źródła finansowania),
- przewidywanie przyszłych trendów - Rinne [53] twierdzi, że technologie wirtualizacji eksploatowane przez VMware oraz Microsoft były identyfikowane dla IBM w segmencie mainframes już w latach 70. za pośrednictwem RM,
- identyfikacja kluczowych technologii - Semantech [68], Intel [25, 26] oraz jednego z producentów podzespołów elektronicznych [69] RM służyło do identyfikacji kluczowych technologii oraz śledzenia ich ewolucji, celem lepszego planowania produkcji komponentów elektronicznych,
- planowanie strategiczne - Degregorio [50] zaprezentował RM wdrożoną w Motorola Lab (Land Mobile Products Sector), w kontekście integrowania technologii, strategicznego planowania produktów oraz wsparcia procesu decyzyjnego. W podobnym kontekście rynku telekomunikacyjnego niemal identyczne rozwiązanie przedstawiono w pracy Choomon i Leeprechanon [38]; zaprezentował RM wdrożoną w Motorola Lab (Land Mobile Products

Sector) jako elementu integracji technologii, planowania strategicznego produktów oraz wsparcia procesu decyzyjnego.,

- ewolucja technologii - Moghaddam i in. [70], Amadi i in. [71] prezentują stosowanie RM w kontekście modelowania ewolucji technologii dla przemysłu wydobywczego i paliwowego, a Kajikawa i in. [72] w kontekście sektora energetycznego. Były też tworzone projekty RM dla zastosowań badania ewolucji technologii w zastosowaniach produkcji ekologicznej (Saritas and Aylen 2010),;
- synchronizacja działań w kilku obszarach operacyjnych - Probert i in. [73] prezentuje synchronizację procesu badawczego i rozwojowego w ramach dużych struktur, tj. MATI - konsorcjum 15 firm realizujących pracę dla US Air Force z wykorzystaniem metodyki RM. Farrukh i in. [55] oraz Petrick i in. [37] w tym kontekście twierdzą, że TRM rozwiązuje problem komunikacji pomiędzy podmiotami przy zarządzaniu projektami.

Dalsze informacje o roadmappingu znaleźć można m.in. na specjalistycznym portalu (www.roadmapping.pl, [74]), przy którego współtworzeniu brał udział autor niniejszej rozprawy oraz w publikacjach [75], [20], [76], [62], [77].

1.1.3 Systemy wspomagania decyzji

Proces budowy strategii oraz planu operacyjnego i taktycznego organizacji wykorzystującej aktywny obrót technologiami oraz wartościami niematerialnymi i prawnymi wymaga na ogół wspomagania przez specjalistyczne narzędzia informatyczne - *Systemy wspomagania decyzji* (skrót SWD, ang. *Decision Support Systems*). SWD (wg Keen i Scott-Morton. [78], Sprague i Carlson. [79], Turban i Aronson. [80]) nazywamy dedykowanym systemem informatycznym, którego nadrzędną rolą jest dostarczenie użytecznej wiedzy oraz mechanizmów procesowych, celem całościowego wsparcia procesu podejmowania decyzji przez decydenta.

Katalizatorem zmian postrzegania systemu informatycznego, jako „inteligentnego narzędzia” wsparcia procesu decyzyjnego była: złożoność modelowanych procesów, konieczność pozyskania, przetworzenia i prezentacji wiedzy decydentom, konieczność ustawicznego pozyskiwania i monitorowania źródeł dostępu do zasobów wiedzy, modelowanie niepewności, jak również sama zmiana świadomości menadżerów wymagających skuteczniejszych narzędzi.

Współcześnie korzystanie z SWD staje się koniecznością dla przedsiębiorcy, który aktywnie pragnie kreować własną strategię działalności operacyjnej przy wykorzystaniu narzędzi transferu technologii. Kluczowym w procesie tworzenia strategii nowoczesnej organizacji z wykorzystaniem IP są: umiejętny proces diagnozy własnych potrzeb oraz wartościowania posiadanych aktywów (w tym technologicznych), umiejętna filtracja oraz priorytetyzacja działań związanych z nabyciem lub dyfuzją technologii powiązanych ze sferą operacyjną podmiotu. Właściwe tworzenie portfeli technologicznych oraz poszukiwanie unikatowych technologii, mogą być podstawą strategii biznesowej aktywnej pod względem technologicznym organizacji. Strategie biznesowe zmierzające do budowy wartości dodanej organizacji przez akwizycję i dyfuzję technologii są związane głównie z następującymi elementami:

- Nabywanie lub zbywanie licencji na technologie pozwalające wprowadzać nowe produkty lub usługi stanowiące umowę określającą warunki korzystania z wynalazku, produktu firmowego, wzoru przemysłowego, znaku handlowego, patentu lub dzieła będącego przedmiotem prawa autorskiego, np. sprzedaż licencji na produkcję bloków gipsowych (budownictwo).
- Przejmowanie podmiotów obcych celem nabycia praw do własności IP wymaganych do rozwoju produktów i usług, np. Google przejął Motorola Mobility, celem przejęcia patentów.
- Zarządzenie portfelem patentów, w tym budowa długoterminowej strategii ochrony patentowej obecnych i przyszłych produktów, blokowanie działań innych podmiotów przez wykorzystywanie własności IP, np. budowanie strategii patentowej dla dużych podmiotów takich jak IBM.

- Działania związane z zarządzaniem ryzykiem inwestycji technologicznych wykonywanych samodzielnie lub w aliansach, np. budowa strategii finansowania budowy kapitału technologicznego (głównie inwestycyjnej) innych podmiotów.
- Konstrukcja planów strategicznych w obszarze szeroko pojętych działań transferu technologii determinowana jest przez ograniczenia definiujące zbiór decyzji dopuszczalnych oraz dynamiczny kontekst problemu decyzyjnego. Plan strategiczny wraz z planem operacyjnym lub taktycznym tworzony jest przez serię powiązanych decyzji. Na każdym etapie jest tworzony zbiór decyzji dopuszczalnych, który tworzą wszystkie dostępne działania na wielu identyfikowanych poziomach operacyjnych podmiotu. Działania te mogą być związane (bezpośrednio lub pośrednio) z narzędziami transferu technologii, np. zakup w określonym horyzoncie czasowym technologii (zbiór dopuszczalnych decyzji – oferty technologiczne) pozwalającej na konstrukcję obudowy urządzenia mobilnego pozwalającego na zyskanie urządzenia o wadze poniżej 50 g, przy zapewnieniu sztywnej oraz wytrzymałej konstrukcji (ograniczenia). Każda decyzja na danym etapie ze zbioru dopuszczalnego jest poddana ocenie przez pryzmat kryteriów. Finalnie dokonuje się wyboru zbioru decyzji zgodnie ze zdefiniowaną funkcją preferencji.

Systemy wspomaganie decyzji stają się nieodłącznym elementem funkcjonowania większości organizacji i coraz częściej wykorzystywane są również przy podejmowaniu decyzji w życiu codziennym [81]. W kontekście niniejszej pracy, SWD rozważane jako systemy informatyczne wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem. Ich powstanie datuje się na lata 80 poprzedniego wieku, lecz znacząca intensyfikacja użytkowania SWD wiąże się z ostatnimi dwudziestoma latami i ma związek z rozwojem Internetu. Pierwotnie zostały one stworzone dla wspomaganie kierownictwa w wysiłku analitycznym przy podejmowaniu powtarzalnych, możliwych do strukturyzacji decyzji. Następnie systemy te migrowały do innych dziedzin życia, takich jak np.: medycyna i ochrona zdrowia, projektowanie inżynierskie, ochrona środowiska oraz wiele innych.

W niniejszej pracy rozważa się zastosowanie informatycznych narzędzi wspomaganie decyzji dotyczących transferu technologii, jako elementu budowy strategii funkcjonowania różnych organizacji. Problematykę tę można umiejscowić na przecięciu wielu rozmaitych dziedzin nauki i praktyki, w tym zarządzania, ekonomii, psychologii, technologii informacyjnych. Niniejsza rozprawa poświęcona jest badaniu zagadnień wspomaganie decyzji w transferze technologii wyłącznie w kontekście systemów informatycznych. Ten zakres badawczy można bliżej określić jako poszukiwanie odpowiednich metod projektowania i implementacji systemu informatycznego niezbędnego do wspomaganie decydentów w zagadnieniach transferu technologii. Efekty ekonomiczne transferu technologii zależą m.in. od poprawnie skonstruowanych procedur decyzyjnych, opartych o odpowiednie mechanizmy komunikacji oraz od współdzielenia dobrej jakościowo informacji. Budowę planu strategicznego związanego należy poprzedzić kompleksowym badaniem otoczenia przedsiębiorcy z wykorzystaniem technik informatycznych. Gromadzenie oraz przetwarzanie wiedzy na potrzeby decyzyjne wymaga odpowiednich mechanizmów na poziomie informacyjnym. Istniejące współcześnie metody i aplikacje nie są dostosowane do współczesnych uwarunkowań gospodarczych, często także mogą utrudniać rozwiązywanie problemów związanych z transferem technologii, co jest jedną z motywacji wyboru tematu niniejszej rozprawy.

Kolejnym argumentem przemawiającym za podjęciem wspomnianej tematyki jest nacisk międzynarodowej konkurencji gospodarczej na poszukiwanie metod podnoszenia innowacyjności i konkurencyjności gospodarki. Wiele programów inicjowanych przez instytucje Unii Europejskiej i realizowanych w Polsce jest związanych z doskonaleniem i intensyfikacją mechanizmów transferu technologii. Wymienić tu należy głównie programy Enterprise Europe Network, BroTech, GO_GLOBAL, czy działania podejmowane przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP). Również wdrażanie innowacji związane jest z problemami decyzyjnymi takimi jak poprawna jej identyfikacja, określenie nakładów koniecznych do wdrożenia, czy zdefiniowanie strategii stabilnej eksploatacji. W przypadku opracowania właściwej dla danej organizacji metodyki planowania strategicznego procesu transferu technologii, nagrodą dla przedsiębiorcy są mechanizmy wspomagające opracowywanie i wdrażanie innowacji o komercyjnym znaczeniu. Działania te mogą

prorowadzić do uzyskania realnej przewagi konkurencyjnej i rekompensować zawiązką nakłady poniesione na optymalizację procesu transferu technologii.

Umiejętne budowanie strategii w oparciu o mechanizmy transferu technologii pozwala na dostarczenie podmiotom odpowiednich narzędzi determinujących osiągnięcie sukcesu. Przykładowo odpowiednie pozyskiwanie innowacji może stać się jednym z elementów walki z konkurentami na płaszczyźnie własności intelektualnej (ang. *intellectual property*, skrót *IP*). Na tym obszarze aktywności przedsiębiorca może zetknąć się z szerokim wachlarzem wrogich działań takich, jak: blokowanie sprzedaży produktów innych podmiotów (np. Apple vs. Samsung), celowe opóźnianie wdrażania produktów konkurencji różnymi metodami, budowa monopolu i karteli osłabiających potencjał innych przedsiębiorców, tworzenie złożonych strategii licencyjnych, czy eliminacja substytucyjnych rozwiązań (często w postępowaniach sądowych).

Można wyróżnić między innymi następujące obszary aktywności przedsiębiorcy, które mogą zostać wsparte przez narzędzia informatyczne:

- identyfikowanie obecnego stanu i potrzeb technologicznych,
- monitorowanie otoczenia,
- dostosowanie działalności operacyjnej do szybko zmieniających się uwarunkowań zewnętrznych,
- budowa kompleksowej strategii pozyskania i wdrażania nowych technologii.

Powyższe działania wymagają zastosowania nowoczesnych metod i narzędzi pozwalających na efektywne podejmowanie decyzji.

1.2 Cel pracy

Niniejsza rozprawa jest bezpośrednią odpowiedzią na istnienie luki w zakresie narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w transferze technologii, wskazane między innymi w pracach [82], [83], [84]. Przedstawiony tu projekt i prototypowa implementacja takiego systemu (*Rozdział piąty*) ma na celu wsparcie decydentów na operacyjnym poziomie planistycznym, dotyczącym transferu technologii. Wsparcie takich procesów planistycznych przez zewnętrzne podmioty jest często niewystarczające i może być związane z ryzykiem utraty informacji decydujących dla konkurencyjności danego przedsiębiorstwa. Z tego względu bezpośredni dostęp przedsiębiorców do narzędzi wspomagających proces pozyskiwania, przetwarzania i dyfuzji technologii ma duże znaczenie dla zwiększania konkurencyjności polskiej gospodarki. Taki jest też spodziewany długofalowy efekt wdrożenia klasy SWD przedstawionej w niniejszej pracy.

Plan strategiczny i operacyjny aktywnie użytkujący metody transferu technologii dla technologii informatycznych jest elementem krytycznym dla istnienia wielu organizacji. To stwierdzenie ma szczególne uzasadnienie, jeśli chodzi o podmioty zajmujące się wysokimi technologiami, takie jak technologie informatyczne. Użytkowanie metod TT wymaga integracji oraz synchronizacji działań na wielu obszarach działalności operacyjnej oraz wypracowanie spójnego z celami planu strategicznego. Ponadto działania te wymuszają gromadzenie rozległej wiedzy merytorycznej oraz dostatecznych zasobów informacyjnych na temat technologii oraz jej otoczenia. Działania te wymuszają między innymi: ustawiczne gromadzenie informacji oraz wiedzy, synchroniczne analizowanie zagadnień z wielu rozbieżnych, śledzenie trendów technologicznych, instytucjonalnych oraz społecznych. Te elementy służą utworzeniu spójnego modelu systemu technologicznego (system zdarzeń dyskretnych z dyskretnym czasem). Rozwiązanie technologicznego zagadnienia problemowego wówczas przyjmuje najczęściej postać wielokryterialnego problemu sterowania optymalnego systemem technologicznym. Rozwiązanie optymalne stanowi plan strategiczny oraz operacyjny charakteryzujący się kompromisowymi wartościami wyznaczonych wskaźników jakości.

Decydent oczekuje pragmatycznych wskazówek lub syntetycznej listy działań koniecznych do przedsięwzięcia w ustalonym horyzoncie czasowym (planu funkcjonowania), by osiągnąć zakładane cele (technologiczne, organizacyjne, itd.). Wobec powyższego kluczowym staje się stosowanie SWD, jako narzędzia efektywnego wsparcia przedsiębiorcy w tym zakresie. Możliwość skorzystania z opracowanej w rozprawie koncepcji SWD i jej wdrożenia w różnego typu podmiotach, może ułatwić proces zarządzania przede wszystkim metodami transferu technologii. Dynamiczne

wartościowanie decyzji oraz realizacja priorytetów organizacji, powinna się przekładać na plan działania operacyjnego. Wyprecyzowany w ten sposób plan strategiczny, staje się dla przedsiębiorcy jedną z pomocy w kreowaniu właściwej polityki technologicznej z wykorzystaniem narzędzi transferu technologii. Dodatkowym elementem projektowanego systemu SWD, jest opracowanie procedur i metod aktualizacji planu strategicznego w wysoce dynamicznym i agresywnym środowisku konkurencyjnym.

Realizacja koncepcji funkcjonowania przedstawionego powyżej systemu informacyjnego, przy obecnej złożoności procesów oraz wysokiej dynamice otoczenia organizacji, może być osiągnięta jedynie poprzez wdrożenie dedykowanego systemu informacyjnego - Systemu Wspomagania Decyzji. Opracowanie koncepcji tzw. hybrydowego SWD oraz zespołu metod pomocniczych stanowi zakres tej rozprawy.

Celem pierwotnym rozprawy jest:

wykazanie, że poprzez zastosowanie odpowiedniej architektury hybrydowego SWD w połączeniu z dedykowanymi metodami wspomagania decyzji staje się możliwe efektywne wsparcie procesów decyzyjnych podmiotów gospodarczych w zakresie transferu technologii specjalistycznymi narzędziami informatycznymi, ze szczególnym uwzględnieniem narzędzi wspomagających przedsiębiorstwa sektora ICT.

Celami wtórnymi są:

1. Wyprecyzowanie oraz implementacja wybranych metod i technik wsparcia procesu podejmowania decyzji w systemie wspomagania decyzji.
2. Dostosowanie metody roadmappingu technologicznego do zagadnień bazujących na aktywnym użytkowaniu metod transferu technologii oraz jej implementacja w formie jednolitego i elastycznego środowiska wsparcia procesu decyzyjnego.
3. Zaprojektowanie i wykonanie mechanizmów pozwalających na współdzielenie i przechowywanie wiedzy na potrzeby wsparcia procesu podejmowania decyzji w środowisku heterogenicznym.
4. Opracowanie oraz implementacja metod sterowania optymalnego systemem dyskretnym jako narzędzie wspomagające proces decyzyjny w obszarze transferu technologii.
5. Opracowanie mechanizmów pozwalających na osiągnięcie elastyczności i swobodnego dostosowania architektury do procesu decyzyjnego oraz jej wykonanie.

Finalnie zostanie zaprojektowany i wykonany prototyp systemu informatycznego wspomagającego podejmowanie decyzji w TT. Zastosowanie SWD w zagadnieniu TT może ułatwić tworzenie planów strategicznych dla różnego typu organizacji. Pozwala między innymi na: zwiększenie aktywności obrotu technologiami, skrócenie czasu podejmowania decyzji, synchronizację działań na wielu obszarach operacyjnych, dostarczanie mechanizmów nadzoru oraz modyfikację planów dla podmiotów funkcjonujących w dynamicznym otoczeniu.

1.3 Aktualność i znaczenie tematyki rozprawy

Kluczową przesłanką do podjęcia pracy naukowo-badawczej zawartej w rozprawie było współczesne położenie dużego nacisku na innowacyjność i transfer technologii jako czynnika uzyskania przewagi konkurencyjnej oraz motoru zmian w wielu różnego typu podmiotach. Podniesienie efektywności wdrażania metod transferu technologii globalnie przez zastosowanie nowoczesnych narzędzi informacyjnych jest priorytetem gospodarki globalnej. Możliwość stosowania komplementarnych mechanizmów systemu wspomagania decyzji z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi informatycznych może pozwalać ten proces uprościć i podnieść jego efektywność. Powyższe spostrzeżenia są efektem doświadczenia zawodowego zdobytego w wielu programach i inicjatywach związanych z szeroko pojętą innowacyjnością oraz związaną z nią transferem technologii i projektów foresightowych (miedzy innymi: [77], [81], [7]).

Tematyka rozprawy obejmuje metody implementacji systemów informatycznych planowania strategicznego wspomagających proces decyzyjny w transferze technologii w obszarze technologii informatycznych. Wskazany obszar problemowy jest bezpośrednio powiązany z innowacyjnością, która stanowi współcześnie ważny czynnik uzyskiwania przewagi konkurencyjnej przez wiele podmiotów na rynku globalnym oraz ma szczególne zainteresowanie wielu instytucji krajowych i europejskich. Tym zagadnieniem zajmuje się wielu badaczy, ekspertów, ekonomistów oraz polityków. Świadczy o tym między innymi bogaty dorobek publikacyjny w tym zakresie. Powyższe stwierdzenie ma swoje uzasadnienie w analizie bibliometrycznej dwóch zasadniczych haseł *transfer technologii* oraz *innowacyjność* w portalach dostawców treści naukowej, które zawarto na Rys. 1.3. Celem opracowania wykresu skumulowanego dokonano zestawienia aktywności publikacyjnej w obszarze transferu technologii w oparciu o bazę WoS (ang. *Web of Science*, Thomson Reuters, strona: webofscience.com). Badanie to polegało na dokonaniu zapytań do systemu dostawcy treści naukowych, celem pozyskania artykułów na temat metod stosowanych do rozwiązywania problemów związanych z transferem technologii. Następnie w tym zbiorze poszukiwano artykułów poświęconych innowacyjności i transferowi technologii. Można stwierdzić, że zainteresowanie wskazanymi elementami jest zależne od cykli gospodarczych, społecznych i politycznych. Dodatkowo można wskazać, że innowacyjność i chęć poszukiwania nowych rozwiązań traktowana jest jako panaceum na wiele problemów współczesnej gospodarki. Obecnie ten trend jest wzmacniany przez możliwość uzyskania wielu źródeł finansowania prowadzonej polityki pro-innowacyjnej.

Współcześnie notuje się wysoką presję na wszelkie działania zmierzające do podniesienia innowacyjności i konkurencyjności podmiotów europejskich [85]. Powstało wiele strategii mających podnieść poziom tych wskaźników na różnych szczeblach. W tym obszarze można wymienić wiele różnych programów europejskich oraz krajowych zmierzających do podniesienia efektywności gospodarki, np. strategii innowacyjności i efektywności gospodarki – *Dynamiczna Polska 2020* (<http://www.mg.gov.pl>), *Innowacyjna przedsiębiorczość w Polsce* promowana przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości (<http://www.parp.gov.pl/portale-parp-innowacyjnosc>), *Strategia rozwoju społeczno-gospodarczego Polski Wschodniej do roku 2020* (<http://www.mg.gov.pl>), *EUROPA 2020* (<http://ec.europa.eu/europe2020>), itd. Ponadto wiele organizacji i podmiotów poszukuje odpowiednich narzędzi do zarządzania technologiami celem samoistnego wsparcia procesu innowacyjnego, np. ESA – Technology Transfer Programme, NASA - Innovation Incubator, NASA - Innovative Technology Initiative, Microsoft Innovation Centers i inne. W przyszłości będzie można zauważyć zwiększenie intensywności wprowadzania różnego rodzaju strategii, programów lub działań, które na celu będą miały podniesienie innowacyjności, a tym samym lepsze zarządzanie technologiami.

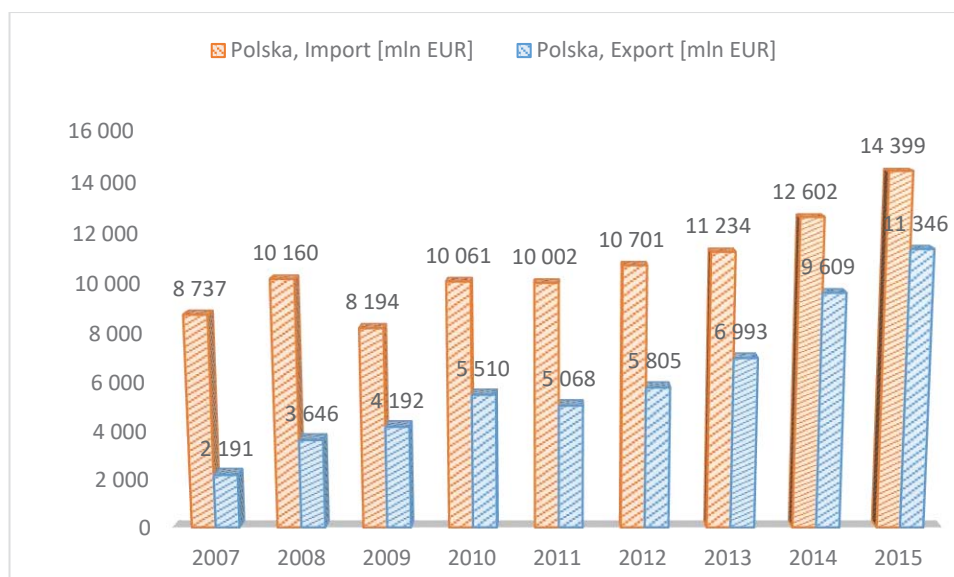
Wiele czynników wpływa na proces wytwarzania i wdrażania technologii, które bez odpowiednich systemów informatycznych trudno monitorować, a tym bardziej w odpowiedni sposób pozyskiwać oraz udostępniać. Dla podmiotów działających w domenie wysokich technologii podstawą bytu rynkowego jest konkurencyjność w sensie technologicznym. Polska od wielu lat zwiększa swój udział w wymianie dóbr wysokich technologii (Rys. 1.2). Oferowane są produkty lub usługi, które dostarczane są na rynki globalne. Wyróżniają się innowacyjnością lub unikatowymi cechami na rynku globalnym. Można w tym miejscu wymienić takie podmioty jak Hicron (systemy informatyczne, hicron.com), Fakro (innowacyjny osprzęt budowlany, zwłaszcza okna dachowe, www.fakro.pl), Solaris (producent autobusów, www.solarisbus.com), Ursus (maszyny i urządzenia, ursus.com.pl), KGHM (surowce, kghm.com), Ivona (obecnie część Amazon, syntezytor mowy, www.ivona.com), COMP (systemy informatyczne, www.comp.com.pl), itd.

Wprowadzanie nowych produktów i usług stanowi strategię nowoczesnych podmiotów ukierunkowaną na rozwój. Pożądane nowe ich cechy są możliwe do osiągnięcia jedynie poprzez dostarczenie możliwości tworzenia nowych technologii lub ich umiejętnego pozyskiwania. Transfer technologii stanowi sposób na ograniczenie kosztów wartości rynkowej w sferze technologicznej. Narzędzia transferu technologii pomagają zmniejszyć obciążenia wynikające z opracowania własnych rozwiązań, np. przez licencjonowanie, sprzedaż patentów, itd. Pozwalają też na pozyskiwanie od innych kooperantów na tej samej zasadzie wymaganych komponentów dla

produktów i usług. Powyższe działania transferu technologii stanowią coraz częściej regularny element budowy strategii czy wizji funkcjonowania podmiotu.

Mając na uwadze powyższe dane można jednoznacznie stwierdzić, że istnieje olbrzymi rynek potencjalnych podmiotów zainteresowanych podniesieniem swojej efektywności w obszarze zarządzania technologiami. Wsparcie tych podmiotów może być realizowane w dwojaki sposób: instytucjonalny (pomoc instytucji otoczenia biznesu), kompetencyjny (wdrażanie specjalistycznego oprogramowania oraz metod ukierunkowanych na transfer technologii).

Pomimo stale rosnącego dorobku merytorycznego w sferze innowacyjności brakuje jednak elastycznych systemów informatycznych implementujących w sposób kompleksowy nowoczesne narzędzia wspomagania decyzji planowania strategicznego w transferze technologii (np. Dodatek 0.3). Obecnie istniejące rozwiązania z uwagi na zawartość problematyki wspomagają jedynie wybiórczo pewne obszary aplikacyjne. Planowanie strategiczne z wykorzystaniem metod transferu technologii jest postrzegane jako zagadnienie złożone, trudne do sformalizowania oraz wymagające odpowiedniego poziomu dyskrekcji i wyczucia z uwagi na charakter IP. Można zauważyć, że w okresie ostatnich 10 lat następuje prawdziwa eksplozja zainteresowania tą tematyką (Rys. 1.3), a rozwój systemów wspomagania decyzji jest skorelowany z transferem technologii oraz rozwojem metod planistycznych (w tym w TT).



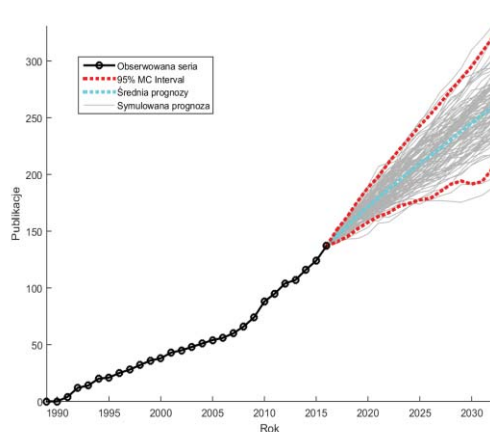
Rys. 1.2 Import oraz eksport zaawansowanych technologii w Polsce.

Źródło: Opracowanie własne podstawie Eurostat, 2017-01-31.

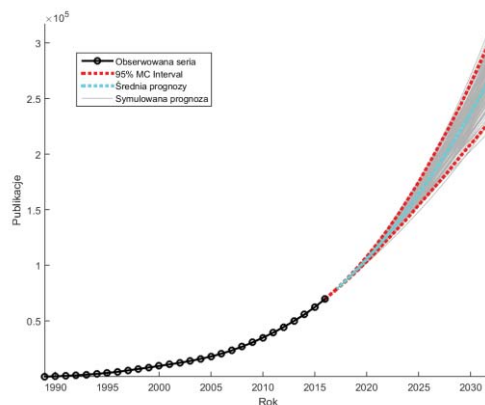
Większość dostępnych na rynku rozwiązań wspomagających proces podejmowania decyzji operuje na dwóch podstawowych architekturach: zarządzania wiedzą oraz data-driven (opartych o dane, Rozdział 2). Do przykładów takich rozwiązań zaliczają się między innymi: The Inteum Solution (<http://www.inteum.com/>), technology scouting (<http://www.wellspring.com/>), i inne. Użytkowanie tych elementów rozdzielnie nie przynosi odpowiednich rezultatów w obszarze TT ([81], [7], [82]). Oprogramowanie dedykowane TT często obejmuje swoimi kompetencjami wąski wycinek zagadnienia problemowego, gdzie nie zauważa się szerszego spektrum zarządzania technologiami. Ponadto oprogramowanie komercyjne wymaga opłacenia bardzo drogiej licencji, a ich wdrożenie jest również kosztowne.

Powyższe stwierdzenie ma również swoje uzasadnienie w analizie bibliometrycznej użytkowania SWD w obszarze transferu technologii, którą pokazuje Rys. 1.3. Na rysunku dokonano zestawienia aktywności publikacyjnej w obszarze transferu technologii w oparciu o bazę WoS (strona: web.ofscience.com). Badanie to polegało na dokonaniu zapytań do systemu dostawcy treści naukowych, celem pozyskania artykułów na temat metod stosowanych do rozwiązywania problemów związanych z transferem technologii. Następnie w tym zbiorze poszukiwano artykułów poświęconych wdrażaniu SWD w przedmiotowym zakresie. Analiza tych danych dowodzi, że

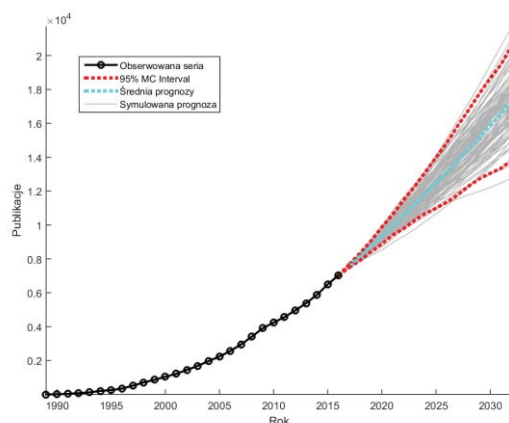
systemy dedykowane zagadnieniom TT są podstawą ciągłego rozwoju (w kontekście metod i technik). Stosunkowo mała liczba prac naukowych prezentująca pełną architekturę systemów i dokładnie opisująca metody użytkowane w SWD w TT można powiązać z faktem, że wiedza ta jest wysoko wyceniana dla potencjalnych autorów takich rozwiązań. Aktorzy ci komercjalizują swoje rozwiązania pod postacią zamkniętych architektur dostępnych za opłatą licencyjną. Rozwiązania na licencjach „open source” lub za bardzo przystępną opłatę są bardzo okrojone lub przewidziane dla wąskiej gamy aplikacyjnej.



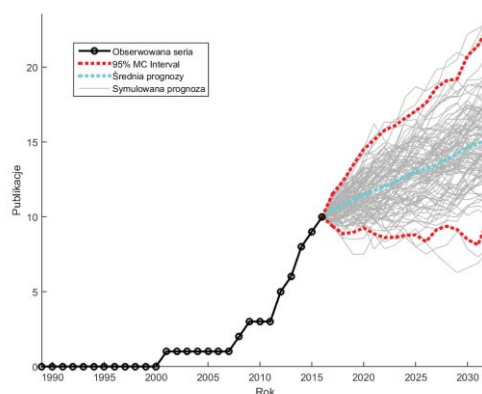
a) użytkowanie SWD w transferze technologii



b) problematyka planowania i budowania strategii w różnych typach podmiotów



c) problematyka transferu technologii



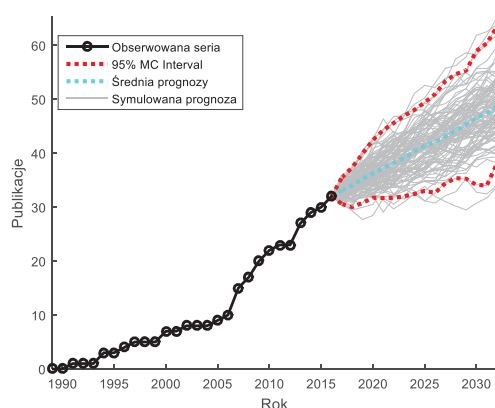
d) użytkowanie metod roadmappingu w TT

Rys. 1.3 Prognozy aktywności publikacyjnej w obszarze systemów wspomagania decyzji i transferu technologii.
Źródło: Opracowanie własne podstawie WOS, 2017-01-31, prognozy ARIMA.

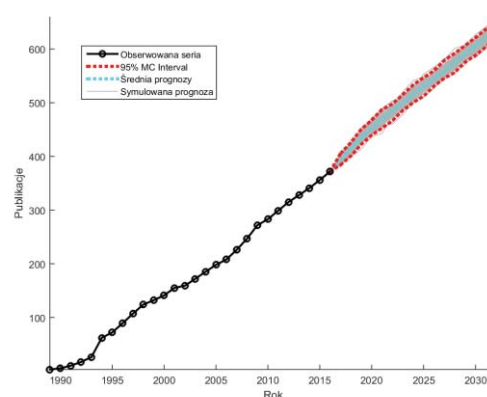
Często identyfikuje się w podmiotach gospodarczych bariery utrudniające prawidłową realizację procesów Transferu Technologii [86] takie, jak: niskie kompetencje, brak doświadczenia w skutecznej analizie rynkowej oraz niedostateczne kontakty i powiązania przedsiębiorstw głównie ze sferą sektora badań i rozwoju. Ponadto przedsiębiorcy nie są zawsze w stanie samodzielnie diagnozować swoją aktualną pozycję rynkową, identyfikować potrzeby technologiczne oraz we własnym zakresie budować czytelną strategię rozwoju opartego o pozyskiwanie i wdrożenia nowoczesnych technologii. Wdrożenie nowych metod informacyjnych dostosowanych do uwarunkowań rynkowych może być jednym z czynników sprzyjających podniesieniu kompetencji tych jednostek. Zaproponowanie nowoczesnych rozwiązań będzie pozwalało na swobodny transfer wiedzy oraz kompetencji pomiędzy wszystkimi aktorami systemu innowacyjnego. Przedsiębiorca lub inny podmiot będzie mógł prawidłowo diagnozować i budować indywidualną strategię wdrażania technologii oraz procesów zewnętrznych dzięki wykorzystaniu narzędzi transferu technologii, w niektórych przypadkach przy wsparciu wyspecjalizowanych organizacji takich, jak centra transferu technologii. Konstrukcja podmiotów, gdzie możliwa staje się wirtualizacja pewnych kompetencji,

pozwała na utworzenie nowoczesnego wirtualnego podmiotu zainteresowanego aktywnym użytkowaniem narzędzi transferu technologii.

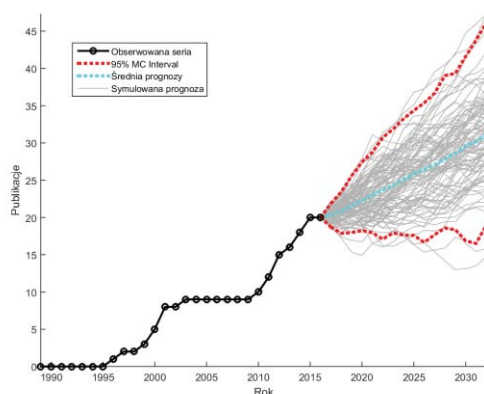
Często identyfikuje się w podmiotach gospodarczych bariery utrudniające prawidłową realizację procesów Transferu Technologii [86] takie, jak: niskie kompetencje, brak doświadczenia w skutecznej analizie rynkowej oraz niedostateczne kontakty i powiązania przedsiębiorstw głównie ze sferą sektora badań i rozwoju. Ponadto przedsiębiorcy nie są zawsze w stanie samodzielnie diagnozować swoją aktualną pozycję rynkową, identyfikować potrzeby technologiczne oraz we własnym zakresie budować czytelną strategię rozwoju opartego o pozyskiwanie i wdrożenia nowoczesnych technologii. Wdrożenie nowych metod informacyjnych dostosowanych do uwarunkowań rynkowych może być jednym z czynników sprzyjających podniesieniu kompetencji tych jednostek. Zaproponowanie nowoczesnych rozwiązań będzie pozwalało na swobodny transfer wiedzy oraz kompetencji pomiędzy wszystkimi aktorami systemu innowacyjnego. Przedsiębiorca lub inny podmiot będzie mógł prawidłowo diagnozować i budować indywidualną strategię wdrażania technologii oraz procesów zewnętrznych dzięki wykorzystaniu narzędzi transferu technologii, w niektórych przypadkach przy wsparciu wyspecjalizowanych organizacji takich, jak centra transferu technologii. Konstrukcja podmiotów, gdzie możliwa staje się wirtualizacja pewnych kompetencji, pozwala na utworzenie nowoczesnego wirtualnego podmiotu zainteresowanego aktywnym użytkowaniem narzędzi transferu technologii.



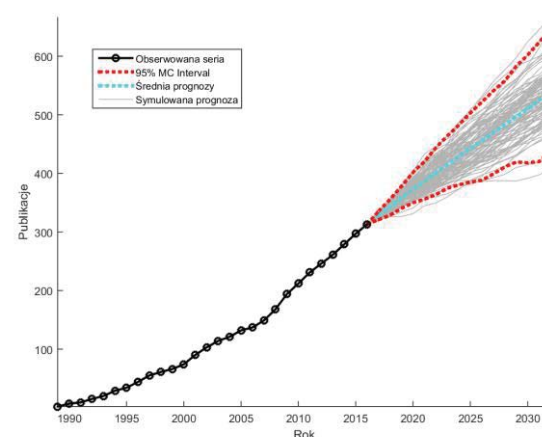
a) Systemy Wspomagania Decyzji w TT



b) Problematyka TT



c) Problematyka tworzenia strategii w TT



d) budowa strategii w oparciu o narzędzia TT

Rys. 1.4 Aktywność publikacyjna w zakresie TT oraz DSS.

Źródło: Opracowanie własne podstawie WOS, 2017-01-31, prognozy ARIMA.

Wsparcie procesów planowania strategicznego, operacyjnego i taktycznego zmierzające do zwiększenia udziału narzędzi TT może współcześnie odbywać się wyłącznie z wykorzystaniem systemów informatycznych. Takie stwierdzenie jest następstwem identyfikowanej złożoności

procesów planistycznych w organizacjach różnego typu oraz koniecznością analizy złożonego i dynamicznego otoczenia. Postęp w dziedzinie szeroko rozumianej ICT jest wystarczający by wprowadzić nowe wzorce użytkowe i architektoniczne do systemów wspomagania decyzji, które nie są obecnie wykorzystywane, np. big data, współdzielenie wiedzy, mechanizmy chmury i wirtualnych organizacji, itd. Wobec powyższego niniejsza rozprawa ma znaleźć odpowiednią architekturę dedykowaną systemowi wspomagania decyzji w obszarze transferu technologii, którą można w sposób elastyczny wdrażać w różnych podmiotach systemu innowacyjnego.

1.4 Obszary problemowe rozprawy

Przedstawiona wstępna koncepcja stosowania SWD z wykorzystaniem technik wsparcia TT w działalności operacyjnej przedsiębiorcy wymaga analizy następujących głównych obszarów problemowych:

I. Obszar pierwotny - architektura SWD i jego implementacja.

Podstawowe pytanie, na jakie projektant systemu powinien odpowiedzieć, brzmi:

W jakim zakresie system informatyczny wspomagający proces decyzyjny w transferze technologii dla technologii informatycznych, powinien pokryć kompetencyjnie system informacyjny oparty na metodzie roadmappingu technologicznego?

System wspomagania decyzji powinien wdrażać elastyczną konstrukcję, która - wraz z implementacją metody TRM - pozwoli na dostosowanie się do dowolnego zagadnienia technologicznego. Możliwość dostosowania własnej architektury opartej o standardowe wzorce architektoniczne SWD pozwoli bardziej efektywnie wykorzystać posiadane zasoby informacyjne.

Głównym elementem architektury SWD z punktu widzenia podejmowania decyzji, są moduły odpowiedzialne za pozyskiwanie i przetwarzanie wiedzy na potrzeby procesu wspomagania decyzji. Można wyróżnić między innymi: rozwiązania oparte na prototypowaniu różnego typu modeli identyfikacji zjawisk (np. model dynamiki, ekonometryczny), aktywne użytkowanie i pozyskiwanie wiedzy gromadzonej w repozytoriach (współdzielenie wiedzy), integracja wiedzy w formie spójnego modelu opisu problemu technologicznego, a finalnie - wypracowanie kompromisowego planu wdrażania metod transferu technologii. Koncepcja implementacji przewiduje utworzenie SWD, który stanowi pewien szkielet uzupełniany kolejno przez odpowiednie metody wykonawcze pełniące określone funkcje zadaniowe. Metody te komunikują się wewnątrz zdefiniowanego modelu warstwowego w obrębie metody TRM.

Przedstawiona koncepcja architektoniczna powinna zostać zaimplementowana z użytkowaniem odpowiednich narzędzi serwerowych, technologicznych oraz programistycznych.

II. Obszar wtórny i - zarządzanie wiedzą.

Integralnym elementem systemu wspomagania decyzji w transferze technologii stanowi system zarządzania wiedzą. Konieczne w tym miejscu jest postawienie następującego pytania:

Jakich technik akwizycji, współdzielenia oraz zarządzania wiedzą należy użyć celem dostarczenia odpowiednich metod pozyskiwania oraz zarządzania danymi, informacjami i wiedzą na potrzeby systemów wspomagania decyzji?

System ten pozwala zapewnić potencjalnemu użytkownikowi pozyskanie efektywnego narzędzia akwizycji, zarządzania i udostępniania informacji oraz wiedzy gromadzonej na potrzeby wsparcia podejmowania decyzji. Czasem zasoby te mogą być podstawą odpłatnego udostępniania repozytoriów. Wymagana wiedza w procesie decyzyjnym może mieć swoje źródło wewnątrz organizacji (informacja wewnętrzna), jak i w otoczeniu zewnętrznym (informacja zewnętrzna). Informacje wewnętrzną stanowią: dane rynkowe, wielkość zapasów, koszty stałe i zmienne prowadzonej działalności operacyjnej, wiedza na temat aktywów i pasywów będących w posiadaniu organizacji (w tym parku maszynowego, licencji i technologii) oraz inne wskaźniki związane z działalnością organizacji. Informacje te pozwolą na identyfikację potrzeb, decydenta oraz konstrukcji podstawowego modelu SI. Informacje zewnętrzne stanowią m.in. raporty

określające trendy, opracowania na temat czynników rynkowych, identyfikacje czynników wpływających na rynek, monitorowanie działalności konkurentów. Źródła te pozwolą na identyfikację zewnętrznych czynników mających wpływ na technologiczne zagadnienie problemowe. Wszystkie przedstawione elementy możliwe do pozyskania wymagają jednak dostarczenia odpowiednich narzędzi służących akwizycji wiedzy.

Jednym z elementów procesu akwizycji wiedzy jest wykorzystywanie wiedzy eksperckiej, głównie wiedzy ukrytej. Wiedza ekspercka w obszarze TT, stanowi podstawę procesów kreowania modelu zachowania się Systemu Innowacyjnego (dynamiki systemów) oraz wizji jego ewolucji w przyszłości. Opis takiego modelu systemu powstaje na podstawie obserwacji i identyfikacji często procesów niepewnych, charakteryzujące się dużą zmiennością i podatnością na czynniki zewnętrzne. Modelowanie zagadnień ewolucji technologicznej, poszukiwanie nowych obszarów aktywności gospodarczej, prognozowanie przyszłych trendów (społecznych, gospodarczych czy ekologicznych), może stanowić ważny czynnik modyfikujący strategię podmiotu przy wdrażaniu metod transferu technologii. Opracowanie odpowiednich metod pozyskania i przetworzenia informacji oraz wiedzy, a także prawidłowe zarządzanie tymi elementami stanowią podbudowę właściwego procesu podejmowania decyzji. Wiedza składowana w bazach wiedzy opisuje zjawiska występujące w środowiskach technologii, posiada charakter heterogeniczny oraz jest gromadzona głównie w otoczeniu rozproszonym ułatwiającym współdzielenie wspólnych zasobów wiedzy pomiędzy partnerami.

III. Obszar wtórny II – Metody wspomagania decyzji dedykowane transferowi technologii.

W poprzednim ustępie wskazano, że jednym z filarów SWD są działania polegające na ustawicznym monitorowaniu oraz gromadzeniu wymaganych informacji i wiedzy. Zgromadzona wiedza jest przetwarzana oraz wnikliwie analizowana. Efektem tego procesu jest identyfikacja modelu systemu innowacyjnego. Na podstawie tak skonstruowanego modelu możliwe jest przeprowadzenie analizy sytuacyjnej z wykorzystaniem metod optymalizacji dyskretniej.

W tym miejscu można postawić następujące pytanie:

Jakich technik modelowania należy użyć celem dostarczenia odpowiednich metod opisu systemu identyfikowanego dla organizacji oraz jej otoczenia, by była odpowiednia na potrzeby podejmowania decyzji?

Modelowanie zjawisk związanych z działalnością operacyjną organizacji oraz jej otoczeniem (w tym również technologicznym) wymaga opracowania dedykowanego metajęzyka zapisu modeli warstwy, abstrakcji zjawisk identyfikowanych w otoczeniu przedsiębiorcy. Pozyskana informacja, z reguły jakościowa lub ilościowa w obszarze identyfikowanych obszarów działalności podmiotu lub jego otoczenia, wymaga integracji. Wskazana jednorodna przestrzeń zawsze stanowi spójny model kodowania problemu decyzyjnego wspierający proces wymiany wiedzy z innymi zainteresowanymi stronami. Wymagany jest proces logistyczny umożliwiający dokonanie dekompozycji systemu w otoczeniu lub podmiocie na problemy szczegółowe poddane dokładnej analizie sytuacyjnej. Dostarczenie odpowiednich metod analizy i syntezy powinno pomóc w określeniu struktury SI, cech oraz powiązań z czynnikami zewnętrznymi przez proces przetwarzania wiedzy. Proces ten powinien również uwzględniać różne aspekty pozyskiwania wiedzy na niskim poziomie, takim jak: wspomaganie identyfikacji wartości wejściowych, rozkłady i przebiegi poszczególnych parametrów. Obecnie, analityk zmuszony jest do korzystania z różnorodnych narzędzi informacyjnych o różnym stopniu kompatybilności, które stają się podstawą syntezy zagadnienia problemowego. W tym zakresie korzysta się głównie z fuzji różnych kategorii przepływów informacji wejściowych, między innymi z modeli: nakładów i wyników, ewolucji technologii, ekonomiczno-technologiczno-ekologicznych, symulacji i analizy procesów operacyjnych podmiotu, ze szczególnym uwzględnieniem postępu technicznego i możliwości implementacji innowacji procesowej oraz technologicznej. Integracja różnorodnych modeli opisu cząstkowego elementów środowiska TT i jego dynamiki, wymusza stosowanie podejścia integrującego. Autor rozprawy stawia hipotezę, że poprawnym podejściem metodycznym stosowania systemów decyzyjnych w TT powinno być umiejętne zastosowanie synergii właściwej implementacji różnych metod opisu i analizy zagadnienia problemowego.

Na podstawie opracowanego modelu należy dobrać adekwatne techniki wspomagania procesu podejmowania decyzji pozwalające na utworzenie planu strategicznego lub operacyjnego implementującego w odpowiedni sposób narzędzia transferu technologii dla technologii informatycznych. Konieczne staje się postawienie szczegółowego problemu badawczego w następującej formie:

Jakich technik modelowania środowiska podmiotu oraz jego otoczenia należy użyć celem dostarczenia odpowiednich metod opisu systemu na podstawie uzyskanych przepływów informacji, by były użyteczne na potrzeby podejmowania decyzji?

Właściwy proces wspomagania decyzji jest związany z budową planu strategicznego i operacyjnego dla zagadnień powiązanych z TT winien operować na modelu analitycznym wskazującym decydentowi możliwe rozwiązanie problemu. Proces ten podparty jest przez analizę aktualnej pozycji i skonfrontowanie jej z celami identyfikowanymi dla danego podmiotu. Posiadając tak przygotowane ogólne ramy wdrożenia metody, możliwa się staje właściwa formalizacja istoty problemu decyzyjnego. Model decyzyjny powinien być na tyle elastyczny, by mógł być prawidłowo wdrożony w różnych kategoriach podmiotów zainteresowanych aktywnym użytkowaniem technik transferu technologii. W poprzednim podpunkcie określono wymagania definiujące metody modelowania systemu na podstawie, których powinny być implementowane metody wspomagania decyzji. Metody te z reguły przybierają formę problemów optymalizacji strategii podmiotów w pewnym horyzoncie czasowym, przy uwzględnieniu wyznaczonego modelu systemowego.

Model decyzyjny powinien również stanowić narzędzie badania zasadności wdrażania narzędzi TT w działalność operacyjną różnych podmiotów. Działania te są często powiązane z interakcyjną konstrukcją scenariuszy i ich symulacją. Wskazane kroki prowadzą również do zrozumienia mechanizmów funkcjonowania systemu innowacyjnego w danej organizacji oraz budowy adekwatnego modelu podmiotu i jego otoczenia. Decydent budując model zauważy również, że system nie stanowi elementu stacjonarnego, lecz stale ewoluującego. Dlatego ważne jest opracowanie procedur aktualizacji baz wiedzy wraz z modelem decyzyjnym przez systematyczne działania monitorujące. W przypadku osiągnięcia spójności modelu może nastąpić właściwa konstrukcja strategii proponowanej decydentowi oraz jej wdrożenie. W przypadku pojawienia się nowej wiedzy, zmianie aktualnej pozycji lub innych istotnych zdarzeń, strategia powinna zostać powtórnie poddana przeglądowi, a w przypadku istotnych różnic - zmieniona. Zdefiniowane w przedstawiony sposób główne założenia modelu decyzyjnego muszą skutkować właściwą analizą decyzyjną. Budowa strategii na podstawie analizy oraz syntezy powinna następować w sposób: racjonalny oraz przejrzysty, zgodnie z kryteriami oraz celami decydentów dla uzyskania efektywnych metod planowania strategicznego i operacyjnego.

Dobór właściwej metody i technik wspomagania decyzji będzie jednym z kluczowych obszarów badawczych niniejszej rozprawy.

1.5 Teza pracy

Mając na uwadze potrzeby zasygnalizowane w poprzednich podpunktach, celowa jest specyfikacja i wykonanie SWD dedykowanego problemom TT. Tezę pracy można zawrzeć w następującym stwierdzeniu:

Systemy Wspomagania Decyzji implementowane w oparciu o dedykowaną architekturę hybrydową oraz o metody roadmappingu technologicznego stanowią skuteczne narzędzie wspomagania decyzji dla organizacji wdrażającej transfer technologii dla technologii informatycznych. W świetle powszechnie przyjętych kryteriów działalności organizacji systemy takie przynoszą użytkownikom istotną przewagę w odniesieniu do technik planowania decyzji związanych z transferem technologii, lecz niekorzystających z dedykowanych holistycznych aplikacji.

Poprzez „wdrażanie transferu technologii” rozumiemy tutaj całokształt zagadnień i problemów decyzyjnych opisanych w poprzednich podrozdziałach.

Proponowane rozwiązanie powinno zostać zaprojektowane zgodnie ze współczesnymi trendami technologicznymi oraz zaimplementowane. Następnie powinno zostać przetestowane dla wskazanych zagadnień problemowych związanych z transferem technologii. Koncepcja systemu wspomagania decyzji bazuje na fuzji wielu metod i technik pozwalających na uzyskanie praktycznych implementacji mechanizmów planowania strategicznego wykorzystującego metody transferu technologii. Przywiduje się między innymi wykorzystanie *roadmappingu* technologicznego, wielokryterialnej teorii decyzji wraz z dedykowanymi metodami współdzielenia wiedzy. Pozwoli to na osiągnięcie podstawowych celów strategicznych związanych z transferem technologii oraz zapewni wsparcie procesów planowania strategicznego i operacyjnego w organizacjach ukierunkowanych na aktywny obrót technologiami. Przeprowadzone badania winny dać odpowiedź na następujące pytania:

- Czy koncepcja SWD opracowana i przedstawiona w rozprawie ma swoje pragmatyczne uzasadnienie dla celów podejmowania decyzji w transferze technologii?
- W jakich obszarach kompetencyjnych systemy tego typu mają swoje praktyczne umotywowanie?
- Czy zaproponowane algorytmy i procedury dedykowane dla opracowanej platformy informatycznej są adekwatne dla wspomagania podejmowania decyzji w działalności różnego typu podmiotów zakładających aktywne wykorzystanie narzędzi TT?

Przedstawione powyżej tezy zostaną zweryfikowane poprzez wykonanie projektu modelowego systemu SWD oraz jego implementację wraz z odpowiednimi procedurami decyzyjnymi dedykowanym zagadnieniom TT. System ten zostanie przetestowany dla wybranego zagadnienia praktycznego (*Rozdział szósty*).

1.6 Zakres rozprawy i metody badawcze

W rozprawie przedstawiono sposób konstrukcji hybrydowego SWD dedykowanego zagadnieniom planowania strategicznego i operacyjnego z aktywnym wykorzystaniem metod transferu technologii w różnego typu podmiotach.

Proponowane narzędzia informatyczne pozwalają między innymi na:

- implementację elastycznej metody planowania strategicznego możliwej do implementacji w każdej organizacji zainteresowanej obrotem prawami własności intelektualnej,
- a ponadto
- stanowią kompleksowe rozwiązania informatyczne wspomagające procesy decyzyjne na każdym poziomie.

Finalnie hybrydowa architektura systemu umożliwia rekonfigurację celem dostarczenia odpowiednich metod wspomagania decyzji ze względu na potrzeby informacyjne lub decyzyjne.

W rozprawie rozważano propozycję dostosowania *roadmappingu technologicznego* (ang. *Technology roadmapping*, skrót *TRM*) do zadań podejmowania decyzji w przedmiotowym zakresie, jako już dojrzałej metody planowania strategicznego. Podstawą rozważań w tym zakresie stał się impuls ze strony przedsiębiorców poszukujących nowych metod TT w oparciu o prognozy scenariusze technologiczne (Skulimowski i Pukocz [20]). W rozprawie poświęcono więcej uwagi rozwiązywaniu kilku głównych problemów transferu technologii, które są obecne w wielu współczesnych organizacjach. Zaliczają się do nich wdrażanie nowych produktów i wprowadzanie ich na rynek, dostosowanie produktów do uwarunkowań prawnych lub wybór strategii badawczej. Klasyczne metody planowania często zawodzą przy rozwiązywaniu przedstawionych powyżej problemów technologicznych. Problemy te wynikają z faktu, że prawidłowa implementacja zagadnień transferu technologii wymaga synchronizacji działań prowadzonych na wielu obszarach operacyjnych funkcjonowania podmiotów. Do rozwiązania powyższych problemów zaproponowano rozszerzenie metody *roadmappingu technologicznego*, przez uzupełnienie jej o nowo opracowane procedury oraz algorytmy decyzyjne zaprezentowane w dalszej części rozprawy. W kontekście sposobu użytkowania TRM elementem centralnym staje się zawsze technologia, a celem procesu

planowania staje się budowa koncepcji użytkowania technologii w środowisku funkcjonowania danego podmiotu w zdefiniowanym horyzoncie czasowym. System informatyczny skonstruowany na tak zdefiniowanej bazie, wyposażono w niezbędne procedury akwizycji i przetwarzania wiedzy, wraz z metodami planistycznymi umożliwiającymi dynamiczną analizę sytuacji decyzyjnych.

Architekturę SWD w TT powinna ewoluować zależnie od wymagań procesu decyzyjnego. Jednym z jej komponentów jest system zarządzania i współdzielenia wiedzy na potrzeby podejmowania decyzji, który powinien umożliwiać automatyczną akwizycję danych i informacji wymaganych w procesie decyzyjnym. Opracowano metody dyfuzji wiedzy w środowisku rozproszonym. Zagadnienie współdzielenia wiedzy jest kluczowe w przypadku, gdy rozważany jest problem: „innowacji otwartej”, opracowania produktu wśród wielu dostawców półproduktów oraz komponentów lub opracowania strategii dla pewnej grupy kapitałowej. Wskazane przypadki wymagają dużej aktywności planistycznej, celem zsynchronizowania działań zmierzających do otrzymania nowego produktu lub technologii, które następnie są wprowadzane na rynek.

W niniejszej pracy kładzie się nacisk na dynamiczną integrację heterogenicznej wiedzy pochodzącej z różnych źródeł. Podstawą funkcjonowania systemu jest identyfikacja wiedzy stanowiącej tzw. „rdzeń” opisu problemu (w sposób minimalistyczny opisujący dane zagadnienie). Umiejętne połączenie modelu zarządzania wiedzą z implementacją dedykowanych algorytmów decyzyjnych, w tym wykorzystujących metody optymalnego sterowania, stanowi kluczowy element w teorii i w praktyce SWD. Klasyczne metody TRM nie uwzględniają modeli optymalizujących, matematycznych oraz statystycznych w analizie diagramów RM. Stanowi to poważną lukę wśród dostępnych współcześnie metod roadmappingu. Właściwa integracja kilku równorzędnych architektur SWD zależnych od potrzeb danego podmiotu pozwala na efektywne podejmowanie decyzji w zagadnieniach TT.

Rozprawę podzielono na następujące rozdziały:

Rozdział 1 stanowi wprowadzenie w zagadnienie rozprawy, w którym przedstawiono kluczowe pojęcia oraz określono tematykę badawczą. Zdefiniowano ogólny problem planowania strategicznego w transferze technologii oraz przedstawiono kilka propozycji metod planistycznych pozwalających na jego rozwiązanie. Kolejnym elementem rozdziału jest przedstawienie podstawy merytorycznej rozprawy, w którym przedstawiono znaczenie jej tematyki w kontekście współczesnych uwarunkowań gospodarczo-społecznych. W rozdziale znalazły się również określenie celu, tezy oraz zakresu rozprawy.

Rozdział 2 jest przeglądem istniejących architektur SWD z wyszczególnieniem ich funkcjonalnych cech, które mogą być użyteczne dla potencjalnych zastosowań zgodnych z treścią rozprawy. Opisano poszczególne modele systemów wspomagających podejmowanie decyzji oraz opracowano propozycję modelowej architektury SWD w zastosowaniach TT.

Rozdział 3 identyfikuje właściwe problemy planowania strategicznego wśród podmiotów różnego typu, które są zainteresowane aktywnym wykorzystywaniem mechanizmów transferu technologii we własnej działalności operacyjnej. Zdefiniowano również w tym miejscu podstawowe wymagania wobec SWD. Zaproponowano własną, lepiej dostosowaną do uwarunkowań transferu technologii, implementację metody TRM.

Rozdział 4 wprowadza propozycję architektury SWD zgodną z przedstawionymi wymaganiami funkcjonalnymi.

Rozdział 5 przedstawia wybrane techniki i metody implementowane w systemie wspomagania decyzji. Na wstępie rozdziału definiuje się formalny model systemu zdarzeń dyskretnych pozwalający matematycznie opisać i modelować zjawiska identyfikowane na diagramach roadmappingowych na najniższym poziomie abstrakcji. Na tej podstawie zaproponowano metody wspomagania decyzji pozwalającej na otrzymanie planu strategicznego użytkującego metody transferu technologii.

Rozdział 6 weryfikuje zaproponowaną architekturę oraz algorytmy dla zdefiniowanych zastosowań transferu technologii.

Rozdział 7 zawiera zbiór najważniejszych wniosków uzyskanych w ramach rozważań nad niniejszą rozprawą.

Dodatki i załączniki zawierają elementy uzupełniające treść rozprawy niezamieszczone w rozdziałach właściwych dla uzyskania czytelności tekstu. Ponadto, praca zawiera bibliografię, wykazy skrótów, rysunków, skorowidzów ważnych pojęć oraz skrótów używanych w pracy.

Rozdział 2

METODY, TECHNIKI I NARZĘDZIA SŁUŻĄCE WSPOMAGANIU DECYZJI

Rozdział ten, stanowi przegląd podstawowych metod i technik, których użytkowanie leży u podstaw rozprawy – systemów wspomagania decyzji. W rozdziale zostanie przeprowadzona drobiazgowa analiza rozwoju dostępnych architektur systemów wspomagania decyzji na przestrzeni lat. Całość rozważań została zaopatrzona w odpowiednie cytaty i odwołania do bibliografii, pozwalające czytelnikowi na dostęp do materiałów źródłowych. Rozdział dokonuje identyfikacji podstawowych architektur SWD ze szczególnym naciskiem na wyeksponowanie ich unikatowych cech oraz funkcji. Elementy te mogą być pomocne przy konstrukcji proponowanego w rozprawie systemu informatycznego wspomagającego proces decyzyjny w transferze technologii. Finalnie dokonano syntezy wiedzy, celem wstępnej identyfikacji modelowej architektury SWD dedykowanej zagadnieniom transferu technologii.

W ostatnim podpunkcie rozdziału dokonano dyskusji dostępnych metod i technik we wdrożeniach roadmappingu dla różnych problemów praktycznych. Szczególną uwagę zwrócono na techniki konstrukcji systemów informatycznych wspomagających ten proces. Przedstawione zagadnienia stanowią punkt wyjścia dla sformułowania właściwych problemów implementacyjnych.

2.1 Analiza dostępnych wzorców Systemów Wspomagania Decyzji

Problem podejmowania decyzji może dotyczyć prozaicznych codziennych czynności lub bardziej złożonych zagadnień występujących w otoczeniu różnych podmiotów. Przykłady kwestii należących do drugiej kategorii stanowią: decyzje finansowe podmiotów gospodarczych, kreowanie polityki, model rozdysponowania pomocy. Problemy stawiane przed jednostkami charakteryzują się z reguły małą złożonością, co umożliwia ich analizę zgodnie z posiadanym zmysłem percepcji, np. zakup samochodu. Jednostka zdana jest w tym przypadku wyłącznie na posiadaną wiedzę oraz nabyte doświadczenie. Podmioty gospodarcze (ujęte w poprzednim rozdziale w tzw. modelu systemu innowacyjnego) zmagają się z problemami decyzyjnymi charakteryzującymi się większą skalą złożoności oraz funkcjonują w domenie oddziaływania wielu różnych zjawisk. Pozycja strategiczna podmiotu (zgodnie z modelem innowacyjnym) determinowana jest przez łączne oddziaływanie otoczenia prawnego, gospodarczego, organizacyjnego oraz społecznego. Złożoność percepcji otoczenia oraz jego dynamika, wymuszają poniesienie większych nakładów na analizę aktualnej sytuacji decyzyjnej, podejmowania szybkich i precyzyjnych działań w ciągle zmieniającym się środowisku. Jednym z realnych rozwiązań przytoczonych wyżej problemów funkcjonowania podmiotów gospodarczych, powinno być wdrażanie Systemów Wspomagania Decyzji - dedykowanym problemom planowania strategicznego.

W poprzednim wieku poszukiwano odpowiednich metod i narzędzi mających usprawnić proces podejmowania decyzji. Pierwotnie były to systemy informacyjne i organizacyjne pozwalające na sprawne, jak na ówczesne czasy, podejmowanie decyzji w większych podmiotach. W połowie ubiegłego stulecia, wraz z nastaniem ery komputeryzacji, wykorzystano nowe zdobycze techniki do celów usprawnienia procesu decyzyjnego. Stąd rozwój samej dziedziny Wspomagania Decyzji datuje się na lata 60 minionego wieku. Powyższe wydarzenia pozwoliły na wypracowanie nowych metod oraz narzędzi wykorzystujących współczesne zdobycze techniki – komputery. Mikroprocesory i mikrokontrolery są obecnie na tyle miniaturowe i wydajne obliczeniowo (także w chmurze), że znajdują swoje zastosowanie we wszystkich aspektach życia codziennego. Naturalne następstwo

postępu stanowi migracja Systemów Wspomagania Decyzji i procesów z nimi związanych do urządzeń spotykanych w życiu codziennym, takich jak np. sprzęt gospodarstwa domowego. Potencjalna możliwość implementacji SWD w całej gamie nowych produktów powszechnie użytkowanych prowadzi do wzmocnienia ich wartości komercyjnej. Zadanie to jest realizowane przez rozszerzenie oprogramowania, które w efekcie pozwala na wzmocnienie percepcji użytkownika w coraz bardziej skomplikowanym środowisku społeczno-ekonomicznym.

Wdrożenie Systemów Wspomagania Decyzji jest naturalnym etapem ewolucyjnym na drodze rozwoju klasycznych metod podejmowania decyzji. Systemy Decyzyjne rozwijały się na przestrzeni lat na styku wielu dziedzin nauki, m.in.: zarządzania, badań operacyjnych, psychologii, matematyki, sztucznej inteligencji, statystyki i wielu innych. Złożoność otoczenia i presja czasu wymuszają stosowanie uniwersalnego metodycznego rozwiązania, które eliminuje wskazane niedogodności. Multidyscyplinarny charakter natury decyzji determinował rozwinięcie się bardziej zaawansowanych metod i technik wspomagających decydentów w dokonaniu przez nich wyborów. SWD można postrzegać, jako stały komplementarny element procesu podejmowania decyzji w wielu sferach życia społeczno-gospodarczego. Współczesne aktywne SWD, są eksploatowane głównie w obszarach zastosowań biznesowych oraz medycznych.

Symboliczną datą powstania Systemu Wspomagania Decyzji, są lata siedemdziesiąte poprzedniego stulecia, jego rozwój jest bezpośrednim następstwem rozwoju technologii informatycznych i komputerowych. W tym okresie zaczęły powstawać pierwsze publikacje opisujące wstępne rozwiązania implementowanych systemów – wraz z podstawami metodycznymi użytkowania nowych technologii. Można nadmienić, że koncepcja SWD istniała wcześniej niż narodziny oraz rozkwit ery komputerów. Podstawy teorii decyzji sprawdzały się w przeszłości, gdy nie były dostępne nowoczesne zdobycze technologiczne. Metodyka podejmowania decyzji oparta była głównie na wypracowanych przez lata systemach informacyjnych. Promowano wtedy dobre rozwiązania społeczno-organizacyjne na podbudowie nauk ścisłych. Współcześnie, przy wysoce zmiennym i złożonym otoczeniu decyzyjnym, tak wypracowane rozwiązania stają się nieefektywne. W przypadku, gdy istnieje dostęp do nowych technologii ICT możliwa staje się poprawa operatywności rozwiązań decyzyjnych przez wykorzystywanie dedykowanych systemów informatycznych.

Analiza tematu SWD wymaga dokonania pewnej systematyzacji. Zadanie jest tu utrudnione, ze względu na szeroko pojęty rozwój tej klasy systemów na przestrzeni wielu lat w bardzo gwałtowny sposób. SWD obecne są intensywnie użytkowane w wielu obszarach aplikacyjnych, gdzie wspomnieć warto między innymi o takich dziedzinach, jak: finanse, medycyna, zarządzanie, socjologia, polityka, i wiele innych. Systemy te są implementowane w diametralnie różnych dziedzinach problemowych. Ponadto SWD cechują się dużym potencjałem ekspansywnym na nowe obszary aplikacji systemów. Wzorce użytkowania tej klasy systemów determinowane są przez postęp technologii ICT. Wzrost mocy obliczeniowej komputerów, opracowanie oraz rozwój nowych technologii komunikacyjnych lub rozwiązań mobilnych wraz z miniaturyzacją, niewątpliwie wpłynęły na wzorce użytkowe tego typu systemów.

Dokonując klasyfikacji SWD, można odwołać się do już istniejących opracowań obecnych w literaturze. Jedną z nich jest klasyfikacja zaproponowana przez Altera w latach osiemdziesiątych poprzedniego wieku [87]. Systematyzacja ta, na przestrzeni lat została wielokrotnie aktualizowana i rozwijana. Alter dokonał intuicyjnej klasyfikacji systemów SWD z uwzględnieniem sposobu ich aplikacji. W pewnych fragmentach podział może być niedostosowany do aktualnego stanu wiedzy. Przytoczoną systematyzację warto zaprezentować, ponieważ zawiera pewien aspekt edukacyjny oraz posiada bardzo uniwersalny charakter. Dostosowując prace badacza do współczesnych realiów, poprawną wydaje się być następująca interpretacja tej klasyfikacji:

- systemy analizy danych (*ang. data analysis systems*) – systemy dedykowane do przetwarzania i manipulacji danych,
- systemy analizy informacji (*ang. analysis information systems*) – systemy ukierunkowane na aktywne wykorzystywanie i manipulacje informacją znajdującą się w bazach zorientowanych decyzyjnie lub na model,

- modele optymalizacyjne (*ang. optimization models*) – systemy bazujące na stosowaniu metod optymalizacji oraz badań operacyjnych,
- modele reprezentatywne (*ang. representational models*) – systemy bazujące na wykorzystaniu modeli symulacyjnych,
- modele sugestywne (*ang. suggestion models*) – systemy stosujące proces wnioskowania logicznego prowadzący do generowania sekwencji sugestii w modelach decyzyjnych,
- systemy zarządzania wiedzą/informacją (*information/knowledge driven systems*) – systemy oparte na dostępie do wiedzy, realizują również zadania przetwarzania i zarządzania wiedzą/informacją.

Powyższa interpretacja w odróżnieniu do pierwotnie zaprezentowanej przez Altera, została uszczuplona o takie elementy, jak: systemy zarządzania plikami (*ang. file drawer systems*) oraz modele rachunkowo-finansowe (*accounting and financial models*). Poczyniona modyfikacja wynika głównie z braku zgodności przedstawionego podziału ze współczesnym rozwojem wiedzy i nauki. Ponadto można odnieść wrażenie, że część z wymienionych powyżej kategorii mieści się w obrębie wyłonionych klas systemów. Podejście zaprezentowane we wczesnych pracach autora na przestrzeni lat zostało diametralnie przebudowane. Finalnie Alter w pracy [88] zaproponował podział SWD na: data-driven, model-driven, knowledge-based oraz communication-based.

W cytowanej pracy autora, równolegle został wprowadzony typ systemów tzw. *document-driven*. Opierając się na obecnym stanie wiedzy, można przyporządkować wskazaną klasę systemów do kategorii data-driven. Zaprezentowany system klasyfikacji przyjął się na tyle pozytywnie we współczesnym środowisku naukowym, że stał się stałym elementem teorii SWD.

Inni badacze również dokonywali próby podziału systemów SWD przyjmując odmienne kryteria podziału. W pracy Donovan i Madnick [89] zaproponowany został podział SWD na: ad-hoc oraz instytucjonalne. Podział dokonany przez wspomniany zespół, odzwierciedla podstawowe schematy użytkowania i implementacji systemów decyzyjnych w różnego typu organizacjach. Systemy ad-hoc kojarzone są z unikatową implementacją i eksploatacją systemu w zdefiniowanym zagadnieniu problematycznym: zachowawczo, krótkoterminowo, sporadycznie. Odmienny charakter cechuje systemy instytucjonalne, które wyróżniają się aplikacją prowadzoną w sposób ciągły lub cykliczny.

Z kolei Hackathorn i Keen [90] dokonał podziału SWD na trzy zasadnicze typy: indywidualne, grupowe i organizacyjne. Podział ten został dokonany ze względu na beneficjenta użytkującego finalnie system decyzyjny. W dobie powszechnego dostępu do sieci i pojawiających się rozwiązań opartych o chmurę, zasadne jest wprowadzenie dodatkowego elementu wspomnianej systematyki, tzw. Wieloorganizacyjnej. Odbiorcami systemów skonstruowanych w oparciu o wspomniany model są podmioty rozproszone oraz dynamicznie powiązane, których łączą wspólne cele. Relacje formalne lub nieformalne budują wirtualną strukturę organizacji zaangażowanych w proces podejmowania decyzji. SWD wdrażane w wirtualnych organizacjach posiadają wiele zalet, do których między innymi należą: niższe koszty funkcjonowania systemu, współdzielony dostęp do wiedzy na poziomie organizacji, spójność decyzji przy określonych poziomach swobody oraz procedurach.

Gwałtowny rozwój informatyzacji, który dokonał się w poprzednim wieku, pozwolił na utworzenie pierwszych rozwiązań SWD z wykorzystaniem nowych narzędzi oraz metod uzyskanych dzięki postępowi technologicznemu. Pierwsze wzmianki o prowadzonych badaniach w obszarze dedykowanych systemów wspomagających proces podejmowania decyzji (w tym również planowania), pochodzi z połowy lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Źródeł tego postępowania doszukiwać się można w pracach zespołu Urbana (1967) [91], czy Engelbarta (1962) [92]. Kolejne lata stanowiły prawdziwą ekspansję różnych rozwiązań SWD na coraz to nowe obszary aplikacyjne.

Dla dokonania właściwego przeglądu istotnych architektur i własności SWD dalsza analiza zostanie przeprowadzona na podbudowie klasyfikacyjnej zaproponowanej wstępnie przez Altera [88]. Wybór ten jest na tyle trafny, że oddaje wszystkie niuanse metodologiczne i funkcjonalne współcześnie użytkowanych SWD. Subiektywnie największy wkład w katalogowanie rozwiązań SWD posiada sam Alter. Pierwsze jego prace na ten temat pojawiły się już w latach 80. poprzedniego stulecia.

2.1.1 Systemy oparte o zasadę „data-driven”

SWD ukierunkowane na dane (ang. *model-driven*) zgodnie z interpretacją nazwy, kładą duży nacisk głównie na prawidłowe manipulowanie danymi. Dane w tym przypadku stanowią geocentryczny element budowy systemu, który pełni rolę źródła efektywnej informacji pozyskanej dla procesu podejmowania decyzji. W starszych publikacjach spotyka się wzmianki, które wskazują na to, że systemy te określano mianem systemów wyszukiwania (ang. *retrieval-only DSS*) [93] lub prościej - zorientowane na dane (ang. *data-oriented*) [87].

Najczęściej dokonuje się kategoryzacji systemów data-driven ze względu na sposób magazynowania informacji. Do popularnych metod należą m.in:

- bazy danych relacyjne oraz obiektowe,
- hurtownie danych,
- rozproszone i nieustrukturyzowane repozytoria danych,
- bazy ontologiczne.

Zależnie od form udostępniania danych, nakład pracy przygotowawczej (wstępnej) jest różny dla poszczególnych systemów SWD. Dane nieusystematyzowane, to źródła nieposiadające formy spójnej (nieustrukturyzowane), które charakteryzują się brakiem ustanowienia formalnych powiązań wewnętrznych. Przykładem wspomnianych nieustrukturyzowanych struktur danych, są elementy identyfikowane przez Altera w tzw. klasie document-driven data, np. notatki, zapiski, dokumenty, maile, zadania, itp. Zadaniem podstawowym SWD staje się poniesienie pewnego nakładu pracy, celem realizacji wstępnej obróbki tych informacji. Często dokonują one wyszukiwania powiązań między danymi źródłowymi oraz integrują właściwie pozyskane informacje. Budowa właściwego repozytorium usystematyzowanych informacji pozwala na użytkowanie tych zasobów na potrzeby systemu podejmowania decyzji. Informacje i dane z kolei już usystematyzowane, stanowią źródła posiadające pewną strukturę i porządek np. szeregi czasowe, dane bibliograficzne, dane klientów, itp. Dane pozyskane w tej formie, są łatwiejsze do przetwarzania i ekstrakcji informacji na potrzeby decyzyjne. Power [94] na podstawie własnych badań określił wzorcową sekwencje funkcjonowania SWD w oparciu o architekturę data-driven:

- dostęp do danych (surowych, niskopoziomowy) - agregowanie źródeł,
- przetwarzanie danych (wysokopoziomowy dostęp) – proces ekstrakcji informacji,
- przetwarzanie końcowe – prezentacja, eksport.

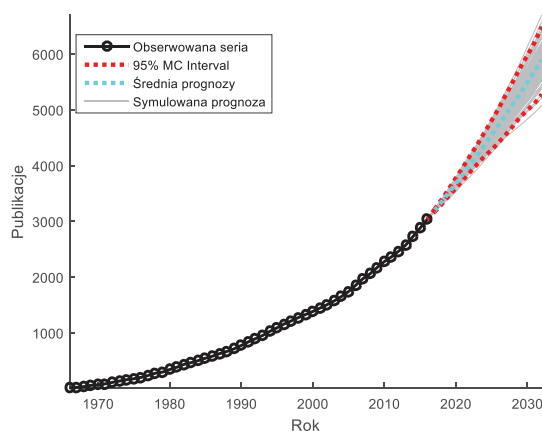
Pierwotnym etapem działania systemu w tej architekturze, będzie uzyskanie dostępu do danych. Proces ten może być bardziej kłopotliwy z uwagi na poziom ich systematyzacji lub źródeł pochodzenia. Dopuszcza się możliwość odmiennych form współistnienia informacji i danych na wejściu systemu SWD (w tym także stopnia rozproszenia), np. pliki, dokumenty, szeregi czasowe, rozproszone bazy kontrahentów w kilku instytucjach. Na etapie wstępnym, system dąży do uzyskania względnego uporządkowania danych (dostęp do danych), celem doprowadzenia ich do względnej użyteczności. Wstępne przetworzenie danych prowadzi do przeniesienia ich na wyższy poziom – spójnego repozytorium. Na kolejnym poziomie następuje właściwy proces przetworzenia oraz manipulacji danych, celem przekształcenia ich w użyteczne informacje na potrzeby decyzyjne. Proces ten wspomagany jest głównie przez narzędzia analityczne, np. użytkowanie dedykowanych aplikacji i algorytmów, właściwego przetwarzania danego, OLAP, BI, itp. Ostatnim elementem sekwencji procesu decyzyjnego dla SWD data-driven, stanowi warstwa przetwarzania końcowego związanego głównie z syntezą rozwiązania problemu. Odnosząc się do współczesnych systemów, etap ten stanowi prezentację prac analitycznych poczynionych na poprzednich etapach. z reguły jest on utożsamiany z bezpośrednią prezentacją wyników w formie wizualizacji lub eksportując informacje do zewnętrznego formatu.

Obecnie wykorzystuje się interfejsy webowe udostępniające treści użytkownikom. Pewien przegląd sytuacyjny użytkowania metod w architekturze data-driven, prezentuje Rys. 2.1. Na wykresie przedstawiono prognozy intensywności eksploatacji wybranych technik przetwarzania informacji na przestrzeni lat. Badania przeprowadzono w oparciu o wyszukiwarke treści naukowej WoS, gdzie przyszłe trendy ekstrapolowano do roku 2030 z wykorzystaniem metody ARIMA. Wybór

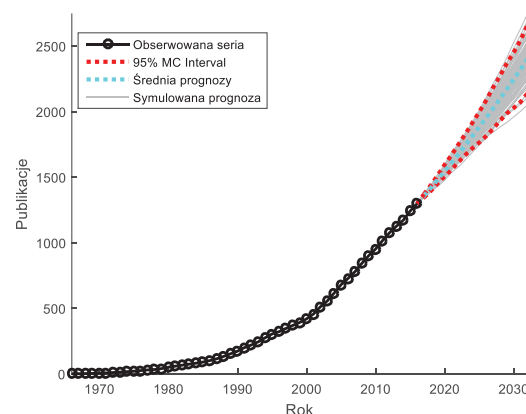
metod zamieszczonych na wykresie dokonano na podstawie ich parytetu w ogólnej liczbie publikacjach naukowych indeksowanych w zasobach WoS.

Zgodnie z przeglądem baz bibliograficznych, pierwszym systemem SWD w architekturze data-driven jest AAIMS (ang. *An Analytical Information Management System*) [95], [96]. System ten został stworzony na potrzeby linii lotniczych przez Richarda Klaasa i Charlesa Weissa w latach 1970-1973. Implementacja wykorzystywała pakiet oprogramowania APL (ang. *a Programming Language*) oparty na formalizmie matematycznym stworzonym przez Kennetha E. Iverson. Język programowania w tym zastosowaniu głównie był używany do wykonywania symulacji [97]. Komunikacja z użytkownikiem odbywała się tekstowo za pomocą linii komend. Użytkownikom dostarczono ograniczony pakiet metod komunikacji z systemem, tj.: wyświetlanie danych według zdefiniowanych kryteriów, wykonywanie prostych obliczeń, projektowanie raportów i tabel, rysowanie diagramów, proste obliczenia statystyczne. Dodatkowym atutem było dostarczenie możliwości tworzenia nowych komend przez użytkowników. System ten pozwalał również na zarządzanie danymi, co na ówczesne czasy mogło wydawać się przełomowym rozwiązaniem. Aplikacja była dedykowana głównie do tworzenia raportów zadaniowych, budżetowania, monitorowania i analizy wyników podmiotu.

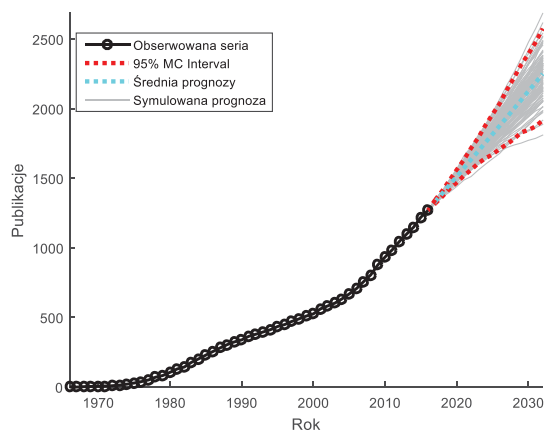
Podgrupę SWD data-driven stanowią: EIS (ang. *Executive Information Systems*) oraz ESS (ang. *Executive Support Systems*). Koncepcja tych systemów została zapoczątkowana przez badania Johna Rockarta i in. W 1979 roku [98]. Były one przeznaczone wyłącznie dla kadry zarządzającej wysokiego szczebla. Warto zauważyć, że potrzeby tej grupy docelowej, w każdej organizacji, zawsze traktowane są priorytetowo. Zadaniem EIS oraz ESS było ułatwienie dostępu do informacji zarządczej. Systemy te miały wspomóc proces decyzyjny przez zapewnienie w miarę prostego i intuicyjnego dostępu do informacji. Cechą tego typu systemu jest stosowanie różnych poziomów abstrakcji i prezentacji, dostosowanych do odbiorców informacji w strukturze organizacji z naciskiem na czytelne i przejrzyste sposoby wizualizacji danych. EIS oraz ESS głównie spotykane są w takich obszarach działalności organizacji, gdzie następuje konieczność precyzyjnej filtracji informacji, np.: produkcja, marketing, finanse. Współcześnie, wiele aplikacji biznesowych posiada moduły o architekturze zbliżonej EIS oraz ESS, jako standardowe dodatki rozszerzające ich funkcjonalności. Warto w tym kontekście wspomnieć o współczesnych pracach na temat EIS, między innymi Salmeron i Herrero [99], czy innych autorów Mayer [100], Razali i Kamaruddin [101]. EIS oraz ESS głównie spotykane są w takich obszarach funkcjonowania podmiotu, gdzie następuje konieczność precyzyjnej filtracji informacji, np.: produkcja, marketing, finanse. Współcześnie, wiele aplikacji biznesowych posiada moduły o architekturze zbliżonej EIS oraz ESS, jako standardowe dodatki rozszerzające funkcjonalności. Warto w tym zakresie przykładowo wspomnieć o współczesnych pracach na temat EIS, między innymi Salmerona [102].



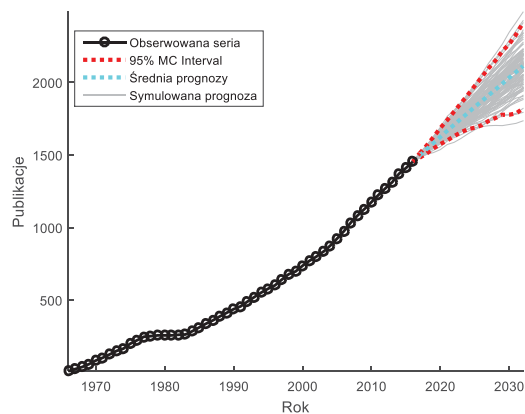
a) Stochastic Model



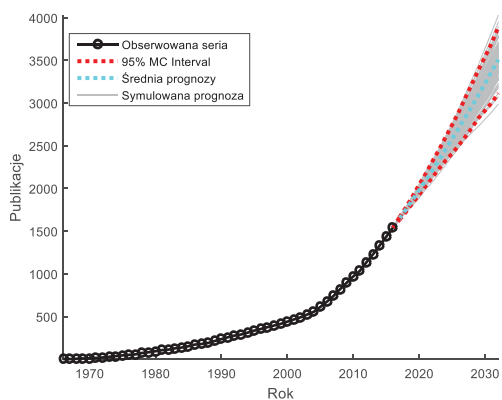
b) Stochastic Simulation



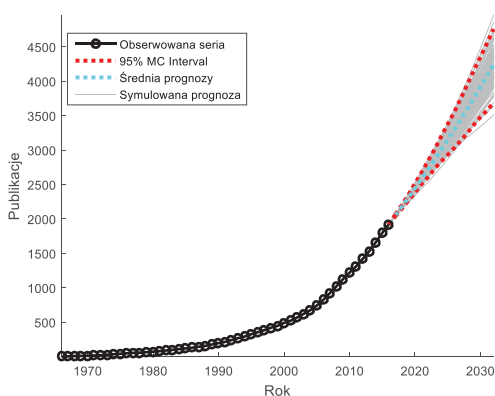
c) Goal Programming



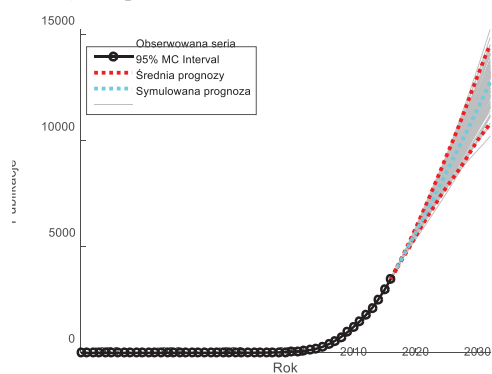
d) Nonlinear Programming



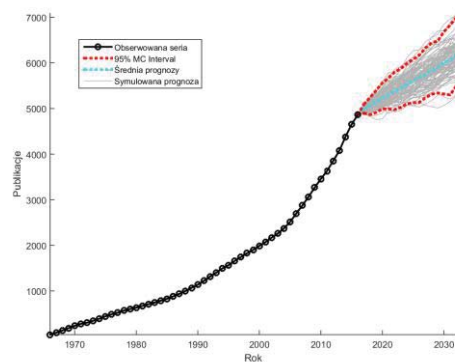
e) Optimization Problem



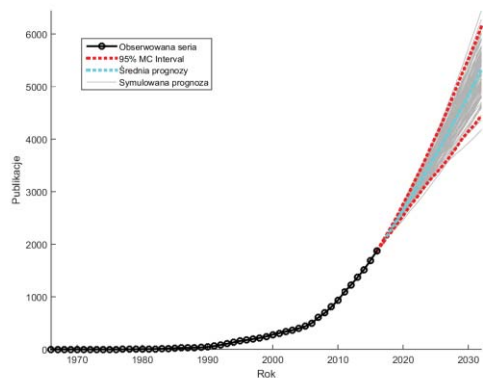
f) Constrained Optimization



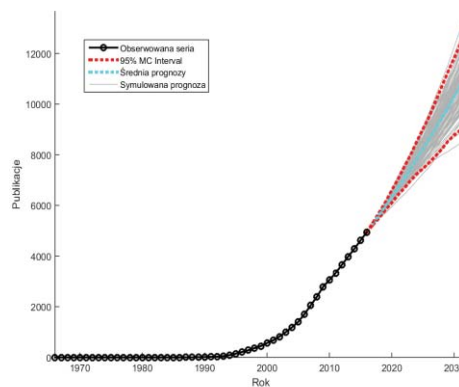
g) Multi Objective Optimization



h) Dynamic Program - DP



i) Multiple Criteria Decision Making -MCDM



j) Genetic optimization

Rys. 2.1 Trendy użytkowania najważniejszych metod w architekturze data-driven.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie WOS dostęp 2017-01-20, prognozy ARIMA.

Uzupełnieniem systemów EIS, są systemy MIDS (ang. *Management Information and Decision Support* lub krócej *MIDSS*). Pierwsze wdrożenia nastąpiły w zakładach Lockheed-Georgia w roku 1978 [103] oraz Northwest Industries [104], [105]. Systemy te [105] dedykowane są do zadań zmierzających do efektywnego zarządzania podmiotami. Wskazane systemy rozwinęły się w pakiety oprogramowania ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*), SCM (ang. *Supply Chain Management*), CRM (ang. *Customer Relationship Management*), PM (ang. *Project Management*) oraz DRA (ang. *Database Retrieval Applications*). Rozwiązania tego typu eksploatowane są w zastosowaniach wspomagających działalność średnich i dużych firm. Przykładem wspomnianych aplikacji stanowią, między innymi zadania rozwoju polityki ekonomicznej [106] oraz dla EIS implementacja rozwiązania w hiszpańskich organizacjach komercyjnych [107].

W kontekście systemów data-driven, można również wspomnieć o systemach wspomagania zarządzaniem ([108] – ang. *Management Information Systems*, skrót MIS). MIS, są użytkowane głównie w księgowości zarządczej lub marketingu, gdzie ważne jest monitorowanie i kontrolowanie kosztów funkcjonowania podmiotu oraz oferowanych przez nią produktów i usług [109]. Przykłady użytkowania MIS można znaleźć np. w obszarze zarządzania jednostkami zdrowia [110], zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym [108], użytkowania w korporacjach [111].

Systemy EIS oraz ESS przez lata ewoluowały, głównie dzięki postępowi technologicznemu w branżach ICT przez BI (ang. *Business Intelligence*). BI można zdefiniować, jako: teorie, metody, procesy oraz architektury pozwalające na transformacje surowych danych w użyteczne informacje dla prowadzonej działalności biznesowej. U podstaw BI można wyróżnić takie technologie, jak: OLAP (ang. *Online Analytical Processing*) w latach 90. poprzedniego wieku [112], czy DM (ang. *Data Mining*). Techniki data mining'u pozwalają na ekstrakcje wzorców przez przetwarzanie informacji i danych gromadzonych w bazach. Początków tych metod należy upatrywać w latach dziewięćdziesiątych poprzedniego stulecia i powiązać z konferencją International Conferences on Knowledge Discovery and Data Mining (1989) [113].

W latach dziewięćdziesiątych poprzedniego wieku, pojawiły się pierwsze implementacje systemów SSWD (ang. *Spatial Decision Support Systems*) [114], [115]. Systemy SSWD bazują na aktywnej implementacji systemów GIS (*Geographic Information Systems*) przez budowę symbiozy tych dwóch koncepcji. Systemy GIS są rozwiązaniami bazującymi głównie na analizie i przetwarzaniu danych w aspekcie geograficznym. Przykładami implementacji rozwiązań GIS są: darmowy projekt Gcensus bazujący na produkcie Google Earth [116] lub komercyjny produkt Google Earth [117]. Sprague i Watson [118] wyraża opinie, że wiele rozwiązań systemów SSWD bazuje głównie na podejściu interakcyjnym SWD z systemami GIS. Poparciem tej tezy są takie rozwiązania, jak: Environment Explorer, LUMOCAP, MOLAND, MURBANDY, Zer0-M, Bike Parking Public Interface i wiele innych. W kontekście tym warto zauważyć współczesne prace [119], [120]. W latach dziewięćdziesiątych poprzedniego wieku, pojawiły się pierwsze implementacje systemów SSWD (ang. *Spatial Decision Support Systems*) [114],[115]. Systemy SSWD bazują na aktywnej implementacji systemów GIS (*Geographic Information Systems*), poprzez budowę symbiozy tych dwóch koncepcji. Systemy GIS, są rozwiązaniami bazującymi głównie na analizie i przetwarzaniu danych w aspekcie geograficznym. Przykład implementacji rozwiązań GIS stanowią: darmowy projekt Gcensus bazujący na produkcie Google Earth [116] oraz komercyjny produkt Google Earth [117]. Sprague i Watson [118] wyraża opinie, że wiele rozwiązań systemów SSWD bazuje głównie na podejściu interakcyjnym SWD z systemami GIS. Prawdziwość tego stwierdzenia potwierdzają platformy takie, jak: Environment Explorer, LUMOCAP, MOLAND, MURBANDY, Zer0-M, Bike Parking Public Interface i wiele innych.

Alter postulował za wyodrębnieniem tzw. SWD dokument-driven, które w starszych pracach nazwane są *systemami zorientowanymi na tekst* [121]. Wskazane systemy wykorzystują dostęp do pamięci masowych oraz technik i metod przetwarzania danych gromadzonych w dokumentach (lub pochodnych), celem dokonania indeksowania lub analizy. Dokumenty z reguły gromadzone są w dużych bazach plikowych, serwerach webowych lub w chmurze, w formie: zeskanowanej, hipertekstu, obrazów, dźwięku oraz video. Power [122] twierdzi, że tego typu SWD dedykowane są wyłącznie przeszukiwaniu i analizie dużych repozytoriów zawierających dane w wielu niekompatybilnych formatach. W wyniku obróbki zgromadzonych danych, systemy dokument-

driven dokonują ekstrakcji informacji, celem jej uzdatnienia i ujednolicenia formatu wynikowego z innymi źródłami informacyjnymi. Wynikiem funkcjonowania systemu jest pozyskanie informacji o: procedurach, specyfikacjach, procesach, sposobie obiegu dokumentów, uzyskaniu dostępu do dokumentów (także historycznych), itp. Sposób funkcjonowania tej klasy systemów postrzega się dziś, jako elementy powielające model funkcjonowania architektury data-driven.

Zasadne staje się przyporządkowanie wskazanego modelu do kategorii data-driven. Historyczne postulaty badaczy w temacie wyłonienia nowej klasy systemów były związane z pojawieniem się systemów zarządzania dokumentami oraz tekstem w latach 70. i 80. poprzedniego stulecia. Systemy te były pierwotnie przeznaczone do składowania i przetwarzania dokumentów [121]. W kontekście tym można przytoczyć pracę Swansona i Culnan [123], który dokonał pierwszego przeglądu systemów dokument-driven. Wynikiem wskazanej analizy była teza, że - poprzez wykorzystanie rozwiązań bazujących na przeszukiwaniu dokumentów w poprzednim wieku - nie nastąpił znaczący postęp w tej dziedzinie. Zauważalne zmiany pojawiły się dopiero po 1990 roku, kiedy postęp technologiczny oraz wytworzenie nowych narzędzi informatycznych wpłynęło na rozwój tego typu systemów i dało początek nowym wzorcom użytkowania.

Główne zamierzenia tej klasy systemów realizowały funkcje wspomagania menagerów w wyszukiwaniu i analizowaniu informacji gromadzonej w dokumentach, w celu wsparcia procesu podejmowania decyzji. Kilku badaczy w tym okresie zwracało uwagę na fakt, że systemy dokument-driven, są wygodnym narzędziem dla wsparcia procesu decyzyjnego lecz bardzo często niedocenianym przez użytkowników. Fedorowicz [124] twierdzi, że jedynie 5-10% dokumentów biznesowych udostępnia się osobom zarządzającym w celach decyzyjnych. Rozwój nowych technik i technologii (szczególnie Internetu), pozwala na zmianę wskazanych proporcji przez stosowanie rozwiązań webowych ułatwiających dostęp do tych źródeł wiedzy.

Podstawą procesu decyzyjnego jest poszukiwanie i aktywne wykorzystanie najlepszych źródeł informacyjnych. Dostęp do repozytoriów dokumentów przechowywanych w dowolnym formacie nie stanowi problemu dla współczesnych systemów. Sullivan [125] definiuje koncepcję rozwiązań document-driven, jako system informatyczny, który dokonuje analizy, prezentacji i manipulowania tekstem. Dokument będący przedmiotem zainteresowania systemu stanowi, według badacza, jednostkę logiczną. Tekst może być z kolei poddany procesowi przetwarzania i ekstrakcji wiedzy. Wykorzystuje się również podstawy przetwarzania lingwistycznego i semantycznego ułatwiające ekstrakcje informacji. Przykłady zastosowania systemów dokument-based można identyfikować, między innymi w zagadnieniach produkcyjnych [126] oraz w zastosowaniach korporacyjnych [127].

W związku z rozwojem Internetu konieczne stało się rozszerzenie podziału wprowadzonego przez Altera o SWD *oparte o sieć web* (ang. *Web-based*). Power [128] definiuje systemy *web-based*, jako systemy skomputeryzowane, które realizują funkcje wsparcia decyzyjnego lub informacyjnego dla kadry zarządzającej przez wykorzystanie przeglądarek internetowych. Systemy te można utożsamiać z architekturą dwu- lub trójwarstwową. Oznacza to, że technologie Web stanowią jedynie element pośredniczący (nakładka technologiczno-programowa) dostarczający znanych już metod i technik wykorzystywanych przez różne przedstawione uprzednio architektury systemów SWD. Bhargava i in. [129] przeprowadził analizę współczesnych kierunków rozwoju systemów SWD web-based, gdzie wyróżnił obszary intensywnej ich eksploatacji:

- technologie wspomagania decyzji, jako usługa,
- technologie i zadania wsparcia decyzji w sieci Web jako produkt.

Dokładniejsze wyniki prac badawczych Bhargava i in. [129] w obszarze przeglądu współczesnych systemów SWD pracujących w oparciu o sieć. W badaniach autora można zauważyć, że w jasny sposób zostaje replikowana struktura wprowadzona przez Altera. Internet w tym przypadku należy traktować, jako normalny etap ewolucji każdej z prezentowanych kategorii.

Powell [130] twierdzi, że popularność architektury typu web-based w końcu lat 90. poprzedniego stulecia wynikała głównie z ich powszechnego wykorzystania w wielu podmiotach jako tzw. korporacyjne systemy intranetowe. Znakomicie sprawdzały się one w realizacji funkcji wymiany informacji oraz pełniły funkcję globalnego narzędzia zarządzania wiedzą. Systemy korporacyjne bazowały głównie na metodach, do których zalicza się między innymi: kwerendy ad-hoc, narzędzia analityczne i raportowe, modele optymalizacyjne i symulacyjne, OLAP, datamining, inne. Można

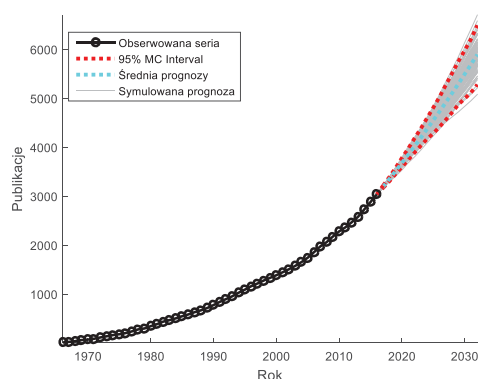
zatem potwierdzić przypuszczenia Bhargava i in. [131], że nowe technologie takie, jak: Internet, nowe platformy programowe i sprzętowe, w przyszłości w znacznym stopniu rozszerzą funkcjonalność i poprawią elastyczność systemów SWD.

Dostęp do tanich rozwiązań sprzętowych i programowych oraz rozwój sieci Internet wpłynął na szersze udostępnienie rozwiązań analitycznych dedykowanych celom decyzyjnym. Naturalnym trendem rozwojowym było rozpowszechnienie Internetu, jako medium dostępowego dla nowych usług wspomagających podejmowanie decyzji. Masowe tworzenie rozwiązań bazujących na sieci web w różnych obszarach kompetencyjnych, tłumaczy promowanie rozwiązań w obszarze analityki oraz business intelligence. Zainteresowanie tego typu systemami wynika głównie z uniwersalności rozwiązań, uzyskania elastyczności technologii oraz wprowadzenia języków: ASP, PHP czy Java. Bharga i Power [132] twierdzą, że powyższe aspekty użytkowe technologii internetowej pozwoliły na stworzenie nowych nisz rynkowych dla aplikacji analitycznych i samych SWD. Pomimo wielu entuzjastów tej architektury, należy jednak zachować ostrożność i bez potrzeby nie rozszerzać uprzednio przyjętej taksonomii podziału systemów.

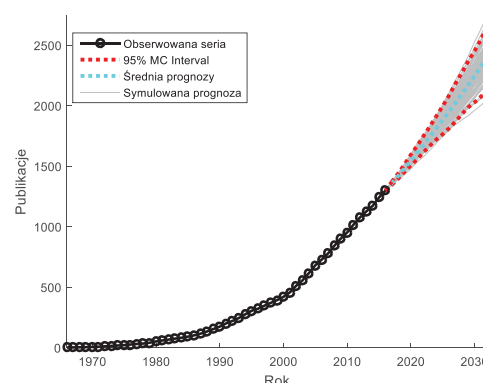
2.1.2 Systemy oparte o zasadę „model-driven”

Systemy ukierunkowane na model (ang. *model-driven*), były także przez Altera [87] nazywane *systemami zorientowanymi na model* (ang. *model-oriented*) lub przez Bonczka i in. [93] określane mianem *zorientowanych obliczeniowo* (ang. *computationally oriented*). Kluczowym elementem składowym SWD w tej architekturze stanowi dedykowany model formalny dopasowany do bieżącego problemu decyzyjnego, np. model sterowania, ekonometryczny, itp. Zależnie od funkcji SWD oraz od miejsca jego wdrożenia, najczęściej stosuje się następujące klasy modeli: finansowych, statystycznych, optymalizacyjnych oraz symulacyjnych. Eksploatacja modelu pozwala na aktywną asystę systemu w procesie podejmowania decyzji. Konstrukcja SWD w tej konwencji, wymusza na twórcy i użytkownika pewne ograniczenia, tj. konieczność budowy oraz modyfikacji modelu. Ogólny schemat użytkowania SWD w prezentowanej architekturze, przewiduje: zdefiniowanie modelu dla badanego zjawiska, następnie przeprowadzenie testów oraz jego ewaluacji. Finalnie system przedstawia użytkownikowi ważne informacje oraz dokonuje wizualizacji. Opcjonalnie dostarcza interfejsu do modyfikacji lub aktualizacji modelu.

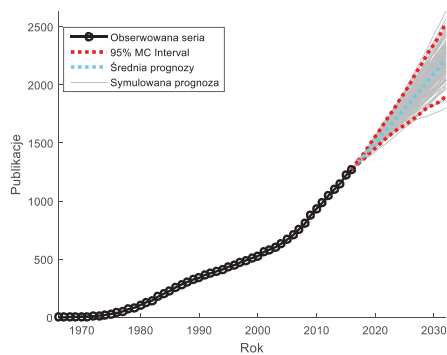
Jedną z klas implementacyjnych systemów w architekturze model-driven, stanowią systemy decyzyjne dedykowane zarządzaniu planowania produkcji. Podstawy merytoryczne analizy i tworzenia tego typu systemów zostały pierwotnie zawarte w pracach Mortona [133]. Za prekursorów tej odmiany systemów można uznać systemy Sprinter [91], MEDIAC [134], Brandaïd [135] oraz inne.



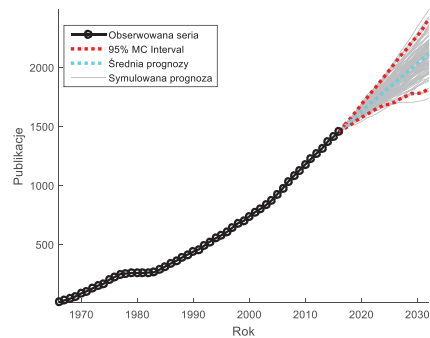
a) Stochastic Model



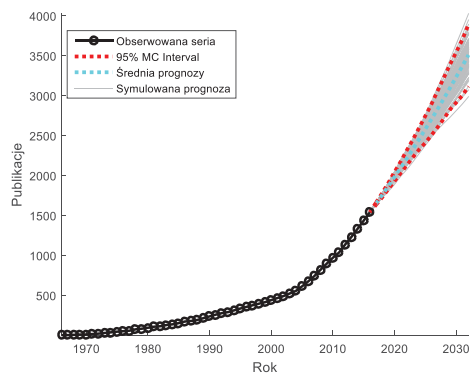
b) Stochastic Simulation



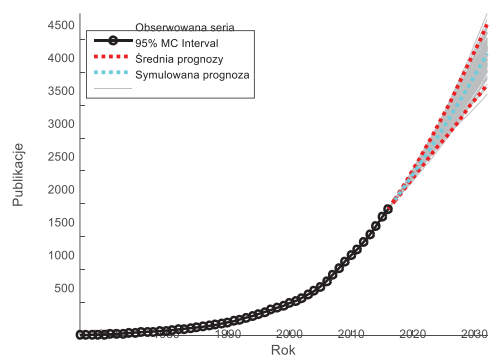
c) Goal Programming



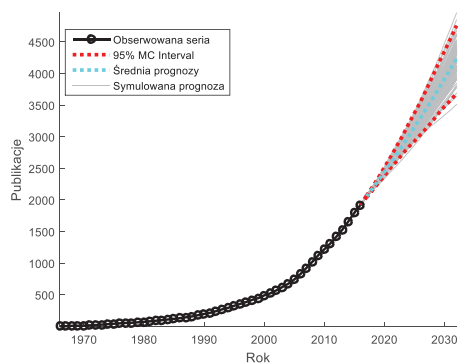
d) Nonlinear Programming



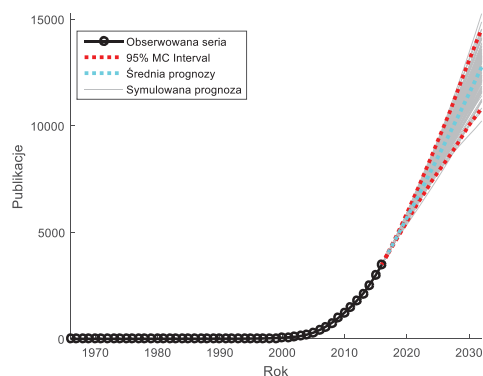
e) Optimization Problem



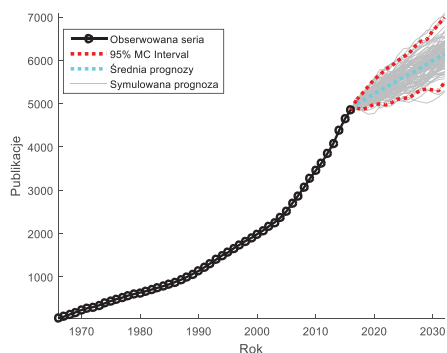
f) Constrained Optimization



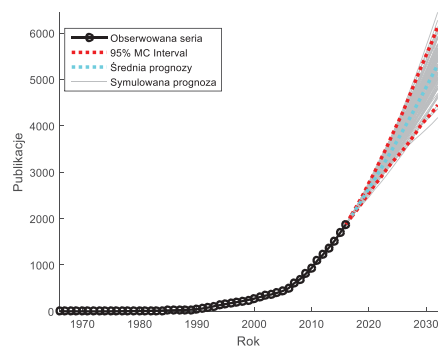
g) Multi Objective Optimization



h) Dynamic Program - DP



i) Multiple Criteria Decision Making - MCDM



j) Genetic optimization

Rys. 2.2 Trendy użytkowania metody w architekturze model-driven [ilość publikacji].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie WoS, 2017-01-20, prognozy ARIMA.

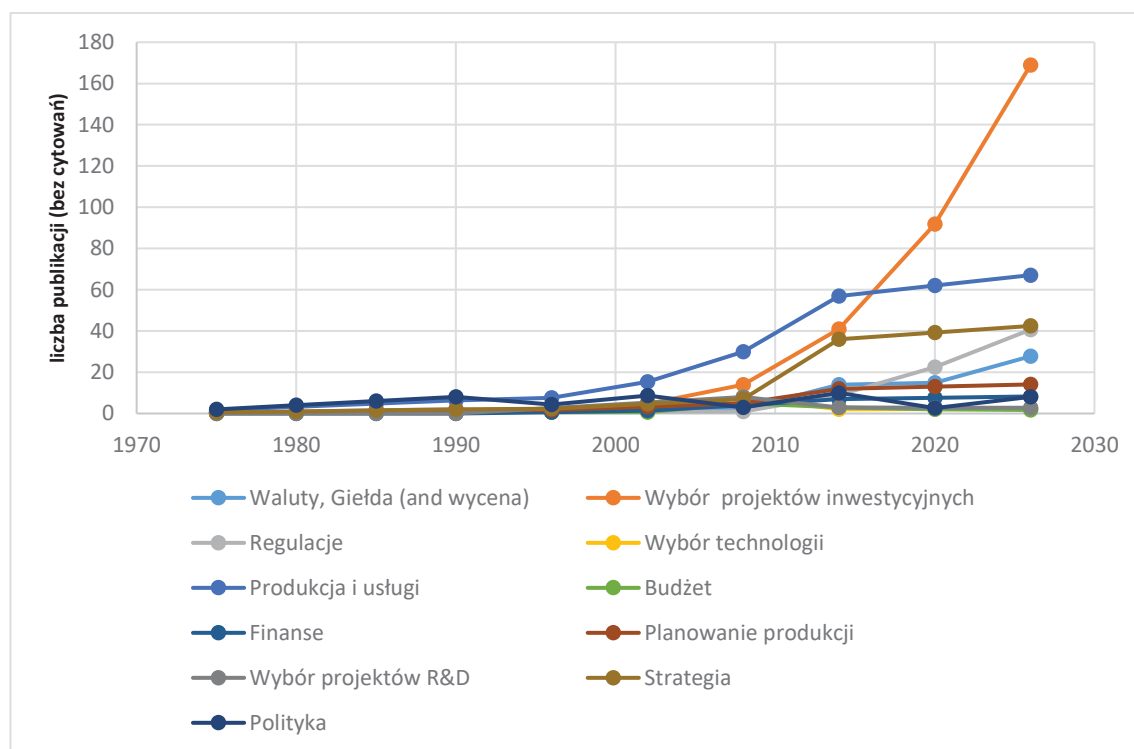
Koncepcja architektoniczna model-driven była na tyle popularna w zastosowaniach produkcyjnych, że na rynku proponowano komercyjne pakiety oprogramowania już w latach 80. poprzedniego wieku. Należy do nich Software Framework, który był pierwszym komercyjnie wprowadzonym na rynek pakietem oprogramowania IFPS (Interactive Financial Planning System)[136]. Wskazane oprogramowanie utrzymywało swój udział na rynku przez prawie dziesięć lat. Wydawcą pakietu oprogramowania była firma Execucom Systems, której właścicielem i jednocześnie osobą odpowiedzialną za merytoryczny jego rozwój był Gerald R. Wagner. Na przykładzie IFPS można stwierdzić, że pierwotnie głównym elementem systemu był arkusz kalkulacyjny. Arkusz pełnił funkcję integrującą konstruowany model matematyczny z różnymi repozytoriami danych. W tym samym okresie powstał Expert Choice, którego pierwsze wydanie odbyło się w 1983 roku. Pakiet ten obecny jest na rynku do dnia dzisiejszego. Oprogramowanie funkcjonowało na podstawie metody AHP (*Analytic Hierarchy Process*), rozwijanej przez Thomasa L. Saaty [137]. Wspomniany pakiet oprogramowania funkcjonalnie pokrywał pełny proces podejmowania decyzji w sposób grupowy lub indywidualnie. Można stwierdzić, że na tamte czasy tak określony model funkcjonowania był niewątpliwie pewną nowinką techniczną. Równolegle w tym samym okresie (od 1979), powstał pakiet oprogramowania VisiCalc (ang. *Visible Calculator*), również opierający swoją zasadę działania o arkusz kalkulacyjny. Dzięki pracy Bricklina oraz Frankstona pakiet ewoluował z narzędzia przeznaczonego do zastosowań osobistych w aplikację biznesową [138].

Architektura model-driven użytkuje się przeważnie w środowiskach biznesowych oraz sektorze finansów. Do głównych zastosowań należą: efektywne wykorzystanie zasobów, podniesienie efektywności operacyjnej organizacji, inwestycje finansowe, itp. Zgodnie z analizą dokonaną przez Sharda i in. [139] użytkownikami tej klasy systemów były głównie (do roku 1988) duże podmioty. Wskazany trend aplikacyjny systemów wynikał głównie z możliwości finansowych potencjalnych użytkowników. W przypadku kompromisowych rozwiązań priorytet stanowiło wykorzystanie prostych modeli ułatwiających analizę sytuacji decyzyjnej w organizacji. Współcześnie, SWD ewoluowały w kierunku wszechstronnej i elastycznej implementacji nowych technik i metod, np.: MCDA, optymalizacyjnych i statystycznych. Power i Sharda [140] dokonał identyfikacji zasadniczych technik stosowanych w systemach model-driven, gdzie wyróżnił następujące zasadnicze nurty: analizę decyzji, programowanie matematyczne oraz symulacje. Dokładny przegląd trendów użytkowych modeli w architekturze model-driven dokonał Keefer i in. [141]. Keefer w przeciwieństwie do Power twierdzi, że najważniejsze metody współcześnie użytkowane w modelu DA, stanowią: drzewa decyzyjne oraz diagramy wpływu, value-focused thinking, identyfikacja interdyscyplinarnych trendów, systemy normatywne, opcje rzeczywiste (ang. *real options*).

Metody Analizy Decyzji wskazane powyżej użytkowane, są między innymi w komercyjnych pakietach oprogramowania, np. Precision Tree (www.palisade.com) lub Catalyze (www.catalyze.co.uk). Jedną z metod Analizy Decyzji stanowią *metody wielokryterialne* (ang. *Multiple Criteria Decision Analysis* - MCDA), której ślady możemy znaleźć np. w pracach Podinowskiego i in. [142] lub Mateusa i in. [143]. Bardzo popularna, a zarazem prosta, metoda AHP w środowiskach biznesowych jest często utożsamiana z produktem komercyjnym ExpertChoice (www.expertchoice.com). McGinley dokonał przeglądu komercyjnych pakietów oprogramowania Analizy Decyzji, które zamieszczono w pracy [144]. W architekturze model-driven wykorzystuje się również rozmaite metody optymalizacji. Ich zadaniem jest wsparcie potencjalnego decydenta przez budowę różnorodnych modeli optymalizujących, ułatwiających podejmowanie decyzji, np. wybór strategii podmiotu gospodarczego, projektów dofinansowanych przez instytucje rządowe, itd. Szczegółowy przegląd oprogramowania zawierającego rozmaite metody optymalizacyjne, zawarto między innymi w pracy Faurer [145], który jest współautorem cyklicznego przeglądu oprogramowania realizowanym przez OR/MS Today [146]. W raporcie zapoznano czytelnika z obecnymi na rynku pakietami oprogramowania wraz z dostępnymi funkcjonalnościami oraz indywidualnymi cechami każdego oprogramowania.

Obecnie w literaturze można zidentyfikować dwa zasadnicze nurty eksploatacji metod optymalizacji: zarządzanie dochodem oraz zarządzanie łańcuchem dostaw przedsiębiorstwa. Przedstawione obszary stosowania owych systemów, wynikają bezpośrednio z dużego

zainteresowania biznesu objęciem kompetencyjnym wskazanych aspektów działalności operacyjnej podmiotów. Zarządzanie dochodem w różnych podmiotach sprowadza się do problemu: identyfikacji ceny produktu lub usługi, dynamicznego kreowania strategii cenowej i marketingowej, dostosowania cyklu życia produktu do uwarunkowań geograficznych oraz konsumenckich. Przykładami zastosowań tej klasy systemów są między innymi: model optymalizujący dochód w liniach lotniczych (Zhang i Cooper [147]), optymalizacja dochodu w hotelarstwie internetowym (Noone i Mattila [148]), czy (Dai i in. [149]) kreowanie ceny produktu w stosunku do natężenia konkurencji.



Rys. 2.3 Obszary aktywności publikacyjnej dla systemów model-driven.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie MAS, dostęp 2016-01-01, prognozy ARIMA.

Drugi zasadniczy nurt systemów model-driven, przy zastosowaniu modeli optymalizujących stanowią systemy *zarządzania łańcuchem dostaw* (ang. *Supply Chain Management (SCM)*). Wskazane systemy, są również bardzo blisko powiązane z innymi klasami systemów, tzw. *ERP* (ang. *Enterprise Resource Planning*) oraz *MRP* (ang. *Material Requirements Planning*). Fakt ten wynika bezpośrednio z zadań kompetencyjnych, jakie pełni SCM w systemach ERP oraz MRP. W tym kontekście można się odwołać do zadań optymalizacji zapasów materiałów lub modelowania dostaw w zakładzie produkcyjnym, co można identyfikować w pracach np. Lankorski [150] lub Chauhan i Proth [151]. Modele optymalizujące często są wykorzystywane w systemach: planowania i harmonogramowania produkcji, pracy pracowników, czy zarządzania zasobami produkcyjnymi. Dokonując przeglądu rozwiązań użytkowanych współcześnie, można wyróżnić kilka głównych metod wykorzystywanych przez producentów oprogramowania: programowanie stochastyczne, programowanie matematyczne. Bardziej szczegółowa systematyka metod optymalizujących zawarta jest w pracy Eom i Kim [152].

Ostatnim nurtem systemów SWD w architekturze model-driven są techniki symulacyjne. Techniki symulacji są postrzegane głównie jako proces polegający odtworzeniu rzeczywistego zjawiska z precyzyjnie określoną dokładnością, przy wykorzystaniu modeli matematycznych. Współcześnie stosuje się wiele metod symulacji, a do najważniejszych z nich należą: symulacja dyskretna, symulacje czasu rzeczywistego, symulacja process-based, symulacja wizualna i inne. Przykłady komercyjnych SWD wykorzystujących techniki symulacji, umieszczono w pracy Swain [146]. Jednym z przykładów stosowania modeli symulacyjnych dla systemów w architekturze

model-driven stanowi system optymalizujący strategię utrzymania produkcji Boschiana i in. [153], czy system zarządzania zapasami Ramaeckersa [154].

2.1.3 Systemy oparte o zasadę „knowledge-based”

Systemy Wspomagania Decyzji *bazujące na wiedzy* (ang. *Knowledge-Based*) są nazywane przez Alteraa [87] systemami sugestywnymi SWD (ang. *Suggestive Systems*). Klein i Methlie [155] nazywał te systemy *bazującymi na wiedzy*, a w innych pracach określono je jako *inteligentne systemy wspomagania decyzji* (ang. *Intelligent Decision Support System*, skrót ISWD). Klein twierdził, że SWD konstruowane w architekturze knowledge-based operują głównie na poziomie zebranej lub przetwarzanej surowej informacji i danych. Bazując na tych elementach są w stanie wytworzyć nową wiedzę przez przetwarzanie już posiadanych zasobów. W efekcie nowa wiedza wspomaga decydenta w procesie decyzyjnym. System gromadzi i przetwarza informacje oraz dane dokonując ich odpowiedniego kodowania. Na tej podstawie stara się stworzyć modele kognitywne efektywnie wykorzystywane w rozwiązywaniu zagadnienia problemowego.

Duży wpływ na rozwój tego typu architektury mają metody i techniki pochodzące z obszaru *sztucznej inteligencji* (ang. *Artificial Intelligence*, skrót AI). Powyższe twierdzenie ma swoje uzasadnienie, między innymi w pracach Goula i in. [156], czy Ricciego i in. [157], którzy wskazują jednoznacznie na elementy AI pozytywnie użytkowane we wspomaganiu decyzji.

Historycznie początku poszukiwań nowych metod wsparcia procesu decyzyjnego opartego na wiedzy, należy upatrywać w pracach Millera [158] w obszarze psychologii poznawczej. Prace Millera odnosiły się głównie do możliwości poznawczych, sposobów przetwarzania informacji oraz analizy sposobu zapamiętania informacji przez człowieka. W kontekście tym warto wspomnieć nazwiska psychologów Noama Chomskyego, Allana Newela oraz Herberta Simona, którzy wnieśli znaczny wkład w nową ówczesnie dziedzinę badań.

Technicznego początku nowej architektury SWD knowledge-based można upatrywać w Uniwersytecie w Stanford w roku 1965. Badacze Edward Feigenbaum, Bruce Buchanan, Joshua Lederberg i Carl Djerassi rozwijali pierwszy projekt z dziedziny sztucznej inteligencji, którego efektem było oprogramowanie systemu eksperckiego DENDRAL[159]. System ten wykorzystywał zapis wiedzy w sposób proceduralny lub w formie reguł. Dodatkowo, przez J. Lederberga wzbogacono system o algorytm generowania wszystkich możliwych struktur cząsteczkowych, w znacznym stopniu ułatwiających pracę. Z kolei program MYCIN [160] realizował funkcje wnioskowania regałowego, w ten sposób wspomagając proces diagnozowania chorób krwi. Do prawidłowego funkcjonowania system wymagał bazy wiedzy zawierającej zbiory klinicznych symptomów. W wyniku prac nad rozwojem tego systemu powstał „shell” systemu eksperckiego, pozwalający na tekstową interakcję z oprogramowaniem. Opracowanie tego rozwiązania oraz dodatkowych interfejsów należy postrzegać jako znaczne osiągnięcie w tamtych czasach.

Pod względem metodycznym ciekawe na początku tworzenia tej klasy systemów były prace Bonczka i in. [93], które wносиły znaczny wkład w ogólną koncepcję interakcji pomiędzy SWD, a bazami wiedzy. W opracowaniach tych stwierdzono, że systemy decyzyjne powinny wspierać swobodną interakcję z ekspertem. Wspomniana interakcja jednak wymaga transparentności poprzez zapewnienie możliwości jednoznacznego wyjaśnienia sposobu wnioskowania oraz metody uzyskania określonej konkluzji. Klein i Methlie [155] zwraca uwagę na kluczowe kwestie związane z metodami reprezentacji wiedzy oraz dokonuje ich ogólnego podziału na:

- wiedzę deklaratywną – opis faktów, obiektów realnego świata lub domeny,
- wiedzę proceduralną – sposób rozwiązywania problemów, podejmowane strategie działania, metody wnioskowania, ekstrakcja i przetwarzanie wiedzy deklaratywnej.

W opracowaniach Klaina i Methlie [155] można spotkać się ze szczegółowym podziałem sposobów reprezentacji wiedzy na:

- *listy cech* – proste fakty opisane przez wnioski,
- *reguły* – zapis warunku oraz sekwencji wykonywanej akcji,
- *sieci semantyczne* – sieci powiązań pojęć i ich wystąpień,

- *reprezentację zorientowaną obiektowo* reprezentację wiedzy – sieć powiązań pomiędzy obiektami,
- *ramy* – wiedza jest podzielona na mniejsze struktury zwane ramami z identyfikacją indywidualnych własności,
- *logikę* – sposoby wnioskowania.

Shu-Hsien i in. [161] dokonując analizy bibliograficznej prac nt. systemów SWD typu knowledge-based, dokonał identyfikacji kluczowych pojęć związanych z przedmiotem analizy. Autor wyróżnił następujące klasy metod reprezentacji wiedzy:

- bazujące na regułach – system wspiera regułowy zapis wiedzy,
- bazujące na wiedzy – systemy umożliwiające identyfikowanie i kodowanie struktur zgodnych z kogniwytyką człowieka,
- wykorzystujące sieci neuronowe – emulacja biologicznych sieci neuronowych i inne metody tzw. inteligencji obliczeniowej,
- systemy oparte o logikę rozmytą – wykorzystują matematyczną teorię zbiorów rozmytych w celu zbliżenia się do ludzkiego sposobu wnioskowania,
- metodologię zorientowaną obiektowo – systemy oparte o technologie obiektowe (obiekt plus metody),
- wnioskowanie bazujące na przypadku (ang. *case based reasoning*) – system funkcjonuje o przypadki występujące w przeszłości,
- modelowanie – interdyscyplinarna metoda dla budowy powiązań z logicznym modelem zaprojektowanym dla różnych dziedzin wiedzy i zagadnień problemowych.

W ewolucji architektury systemów bazujących na wiedzy należy wspomnieć datę 1980 roku, kiedy to po raz pierwszy został użyty system bazujący na regułach, tzw. XCON (eXpert CONfigurer) napisany w języku OPS5. System ten stworzył John P. McDermott w celu automatycznego wyboru komponentów systemu komputerowego w zakładach DEC [162]. Nowinką była wówczas możliwość łączenia i współdzielenia wiedzy kilku ekspertów pod postacią spójnej warstwy wiedzy. Kolejnym kamieniem milowym systemów był system ekspercki CORVID z 1983 roku, który funkcjonuje do dnia dzisiejszego. Komercyjna wersja została stworzona przez firmę EXSYS (www.exsys.com) i bazowała na systemie eksperckim regułowym. Firma EXSYS istnieje do dnia dzisiejszego oferując wiele komplementarnych produktów dedykowanych systemom eksperckim, między innymi: Exsys CORVID Knowledge Automation Expert System Software, Exsys RuleBooks czy Exsys Selector.

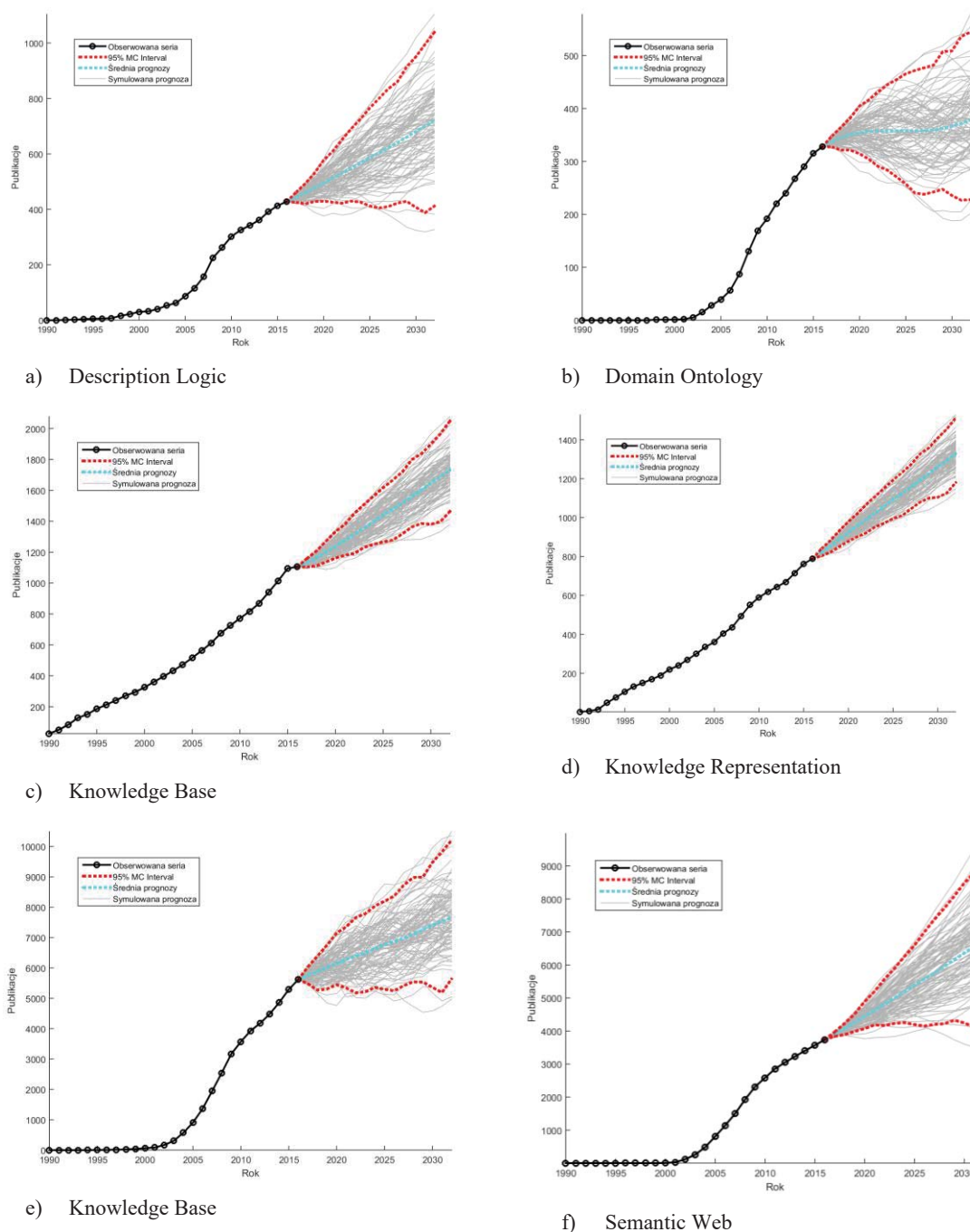
Współcześnie ISWD najczęściej stasowane są w bankowości, finansach oraz wsparciu użytkownika korporacyjnego. We wskazanych obszarach systemy funkcjonują już od 1980 roku Zopounidis i in. [163] zdefiniował główne obszary eksploatacji systemów, do których należą, między innymi: planowanie finansów, analiza finansowa, zarządzanie portfelem papierów wartościowych lub inwestycji, ocena ryzyka inwestycyjnego lub kredytowego.

Z kolei Klain i Methlie [155] wyróżnił następujące główne obszary aplikacyjne systemów opartych o wiedzę: wybór inwestycji (przykłady: [164], [165], [166]), zarządzanie kapitałem, planowanie finansowe i inżynieria finansowa, systemy FINSIM i SAFIR, marketing finansowy, FAME (Financial Marketing Expertise), planowanie finansów osobistych, ocena kredytowa, MARBLE, doradca produktowy, zarządzanie aktywami, handel, zarządzanie bankowością BANKER, FINEYA, CGX, LASS oraz CLUES, wsparcie operacyjne klienta.

Klein i Methlie [155] we własnych pracach dodatkowo wyróżnił podstawowe funkcjonalności wspierane przez Systemy Eksperckie, jakie rozwinęły się na przestrzeni lat:

- automatyczne generowanie porad eksperckich w specyficznej dziedzinie problemowej,
- generowanie schematów wnioskowania eksperckiego w celu uzasadnienia podejmowanych decyzji (systemy ewaluacyjne i uzasadniające),
- inteligentne metody wspomagania w analizie i podejmowaniu decyzji,
- analiza mechanizmów kognitywnych w podejmowaniu decyzji, tworzeniu lub objaśnianiu modelu behawioralnego,
- tworzenie i weryfikacja modeli statystycznych,

- identyfikacja decyzji podlegających optymalizacji oraz metod skalowalnych i parametrycznych, których parametry należy optymalizować,
- konstrukcja schematów interakcji z użytkownikiem i ekspertami, formułowanie pytań i ankiet.



Rys. 2.4 Trendy użytkowania najważniejszych metod w architekturze knowledge-driven.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie WoS, dostęp 2017-01-20, prognozy ARIMA.

Przegląd trendów metod wykorzystywanych w architekturze knowledge-based zawarto na Rys. 2.4. Na rysunku wyznaczono na podstawie analizy bibliometrycznej trendy użytkowe najważniejszych metod i technik powiązanych ze schematem systemami knowledge-based. Na nim można zauważyć, że sukcesywny rozwój metod bazujących na wiedzy przypada na lata po 1990 roku, podobne wnioski zawarto w pracy zbiorowej [167] nazywając te rozwiązania: *inteligentne systemy wspomaganie decyzji* (ang. *Intelligent Decision Support Systems*, skrót - ISWD). Ta klasa systemów

implementowana jest na różne platformy sprzętowe oraz systemy operacyjne. Dla użytkownika końcowego stanowi czasem element transparentny dostarczając wyspecyfikowanych dla niego funkcjonalności.

Analiza bibliograficzna uwidacznia również, że SWD w architekturze knowledge-based użytkowane są głównie w sektorze finansowym oraz medycznym. Rozwój systemów w tych zastosowaniach został wymuszony przez poszukiwanie metod pozwalających na obniżenie kosztów funkcjonowania podmiotów. Powyższe zadanie realizowane jest przez: przechwycenie wiedzy eksperckiej, odciążenie potencjalnego użytkownika od zadań czasochłonnych i wymagających specyficznej wiedzy, zwiększenie percepcji poszczególnych użytkowników. Dla przykładu, w sektorze finansowym SWD wykorzystywane były do nadzorowania transakcji bankowych, gdzie poszukiwano wzorców nadużyć. W tym kontekście zarządzano szeroko pojętym ryzykiem inwestycyjnym, kredytowym oraz innymi aspektami. Przykłady publikacji opisujące systemy użytkowane w tej konwencji stanowią prace Yusupova i in. [168], Yu [169], Cheng i in. [170]. W zastosowaniach medycznych systemy tego typu są głównie wykorzystywane w uzupełniającej diagnostyce medycznej (np. [171]).

2.1.4 Systemy oparte o zasadę „communication-based”

Systemy Wspomagania Decyzji bazujące na komunikacji (ang. *communication-based*) należy bezpośrednio kojarzyć z *grupowymi systemami wspomagającymi decyzje* (ang. *Group Decision Support Systems*, skrót GSWD). Podstawą funkcjonowania systemów SWD w modelu communication-based jest wykorzystywanie wszystkich technik nastawionych na proces wymiany informacji w środowiskach rozproszonych. Aktorzy wskazanych systemów to głównie eksperci, bądź inne grupy zaangażowane w proces decyzyjny (użytkownicy, anketowani, itp.). GSWD wykorzystują techniki programowe i sprzętowe ułatwiające proces komunikacji w zagadnieniach decyzyjnych, które w efekcie mają za zadanie usprawnienie procesu podejmowania decyzji. Power [122] wskazuje, że technologie komunikacyjne stanowią dominujący komponent architektoniczny tego typu systemów. Autor nadmienia, że systemy w tej architekturze wykorzystują następujące metody: praca grupowa, portale tematyczne, listy dyskusyjne, blogi, wideokonferencje w zadaniach zmierzających do podejmowania decyzji.

Początków GSWD należy upatrywać w roku 1962, w badaniach Engelbarta [92], który stworzył metodyczne podstawy interakcji ludzi w aspekcie podejmowania decyzji dla systemów informacyjnych. Jego dokonania pozwoliły na stworzenie schematu interakcji oraz wyznaczyły późniejsze kierunki badań w aspekcie współpracy decydentów z wykorzystaniem systemów informatycznych. Wspomniane prace Engelbarta posłużyły do opracowania pierwszego systemu pracy grupowej o nazwie NLS (ang. *oNLine System*) w 1969 roku finansowanego przez Defense Advanced Research Projects Agency, NASA oraz U.S. Air Force. System ten zawierał rewolucyjne techniki, jak na tamte czasy oparte o linki hipertekstowe, nowe metody organizacji oraz wizualizacji treści (hierarchizacja) oraz wiele innych technologii.

Joyner i Tunstall [172] w latach 70. poprzedniego wieku na podstawie badań w obszarze systemów communication-based opracowali system CONCORD (ang. *Conference Coordinator*). System w istocie obsługiwał prace decydentów za pomocą dedykowanego środowiska tekstowego z wykorzystaniem zdalnych terminali tekstowych. Ogólna metodologia podejmowania decyzji z wykorzystaniem technik informatycznych opartych o konferencje pomiędzy ekspertami w kanon wiedzy wprowadził dopiero Turoff [173]. W jednej ze swoich prac zaproponował koncepcję realizacji pewnych elementów procesu decyzyjnego pomiędzy zainteresowanymi stronami za pośrednictwem urządzeń technicznych i komputerów. Na podstawie prac obu powyższych zespołów opracowano pierwszy *komputerowy system pośredniczący w komunikacji* (EMISARI). System ten został stworzony specjalnie na zamówienie US Office of Emergency Preparedness, celem ułatwienia komunikacji grup decydentów, a tym samym wsparcia procesu decyzyjnego. Pierwotnie, system ten ułatwiał przepływ informacji w formie opinii wymienianych pomiędzy członkami zespołów rozproszonych geograficznie. Hiltz i Turoff [174] zwraca uwagę, że w okresie, gdy powstawały te systemy, nie dysponowano bogatym wachlarzem technologii ułatwiających komunikację zarówno od

strony technicznej, jak i wizualnej. W tamtych czasach systemy informatyczne bazowały na komunikacji tekstowej. Pojawiały się też duże trudności w przesyłaniu obszernych danych, a dostęp do odpowiednich metod komunikacji był ograniczony. Metody wizualne w tych czasach pozostawiały też wiele do życzenia. W latach 80. i 90. bazowano na najprostszych dostępnych technologiach, które były wystarczające do wsparcia procesu decyzyjnego w podstawowym zakresie.

Formalnego początku GSWD można się upatrywać w latach 80. poprzedniego wieku w pracach Graya [175], Hubera [176] oraz Turoffa i Hiltz [177] prezentujących pierwsze systemy i techniki ułatwiające budowę systemów aktywizacji grupowego podejmowania decyzji. Kolejnymi przykładami prac akademickich z tego okresu były: Mindsight z Execucom Systems, PlexSys [178] Uniwersytetu Arizona oraz system SAMM [179] Uniwersytetu Minnesota z sukcesem implementujące wspomniane techniki. Przedstawione projekty systemów kształtowały wizję GSWD na przestrzeni wielu lat. System PlexSys przekształcił się później w produkt komercyjny oferowany przez Group System (www.groupsystems.com) rozwijany przez Jaya Nunamakera oraz jego współpracowników [180]. Group System z powodzeniem jest wciąż użytkowany w dużych organizacjach takich, jak: Boeing, IBM, Pricewaterhouse Coopers, NASA, Accenture, The Department of Defense, Procter and Gamble oraz wielu innych. Wskazany system eksploatował pozytywny potencjał wynikający z komunikacji interpersonalnej decydentów; nieosiągalny innymi metodami. W tym przypadku zwraca się uwagę na takie elementy procesu, jak: komunikacja, dyskusja oraz budowa konsensusu wśród grup reprezentujących odmienne interesy lub poglądy.

W 1985 roku Kersten [181] zaprojektował system NEGOT, który stanowił narzędzie wsparcia procesu negocjacji grup dedykowane osiągnięciu zdefiniowanych celów. W 1986 roku został opracowany i rozwijany SWD dla Kooperatywnych Grup Wielokryterialnego Podejmowania Decyzji (*DSS for Cooperative Multiple Criteria Decision Making*) [182]. W 1988 roku rozwijano koncepcję *Collaborative Decision Support Systems* (skrót CSWD) [183]. System ten został zaprojektowany, jako interaktywne narzędzie ułatwiające uzyskanie konsensusu przez zespół decydentów.

Odrębną grupę systemów stanowią narzędzia dedykowane wsparciu pracy zespołowej użytkowników. Jednym z takich narzędzi opracowanych w 1989 roku przez Lotus, jest Lotus Notes. Produkt ten powstał na podstawie systemu akademickiego PLATO Notes, który został zaprojektowany w Computer-based Education Research Laboratory (CERL) na Uniwersytecie Illinois. Komercyjne produkty Lotus są użytkowane do dnia dzisiejszego i można identyfikować pewne ich funkcjonalności jako funkcję SWD. Rozwiązania dedykowane pracy grupowej w tym kontekście należy utożsamiać z naturalną ewolucją użytkowania systemów informatycznych oraz z rozwojem technologii informacyjnej. To spostrzeżenie odnosi się również do zmian trendów użytkowania systemów w normatywnej działalności człowieka. Wiele komponentów Lotus Notes, bezpośrednio lub pośrednio, ułatwiało funkcjonowanie rozproszonych geograficznie grup decyzyjnych. Tworzenie nowych funkcjonalności systemów konstruowanych w tej architekturze należy bezpośrednio utożsamiać z rozwojem technik ułatwiających komunikację oraz współpracę. W przypadku Lotus Notes nie był on autorskim projektem firmy Lotus, lecz był rozwijany już o wiele wcześniej.

Gray i Mandviwalla [184] identyfikował uniwersalne walory użytkowe stanowiące zalety użytkowania systemów GSWD o podobnej konstrukcji, jak Lotus Notes, NEGOT, czy PlexSys. Należą do nich: potencjał anonimowości wiedzy, ewolucja systemu i otoczenia celem zapewnienia komfortowej pracy, przetwarzanie wiedzy formalnej i nieformalnej - wiedza kolektywna, budowa i modyfikacja bazy wiedzy organizacji, wzrost potencjału satysfakcji udziału w grupie (potęga skali).

Gray i Mandviwalla [184] pragmatycznie kataloguje implementacje systemów GSWD, z uwzględnieniem ich zastosowania oraz użytych metod na: podejmowanie decyzji z aktywnym użytkowaniem technik i metod wizualizacji, interdyscyplinarne spotkania eksperckie, hybrydowe połączenie technik, integracja spotkań grupowych wraz z video konferencjami, interaktywne metody nauczania, systemy zorientowane problemowo, organizacje temporalne, spotkania panelowe, obrady i głosowania z wykorzystaniem technologii ICT, systemy pracy grupowej, systemy zaprojektowane do pozyskania wiedzy eksperckiej.

Współcześnie w literaturze można dokonać identyfikacji dwóch zasadniczych nurtów funkcjonowania GSWD, tj.: wsparcia pracy grupowej oraz interakcyjnego procesu decyzyjnego

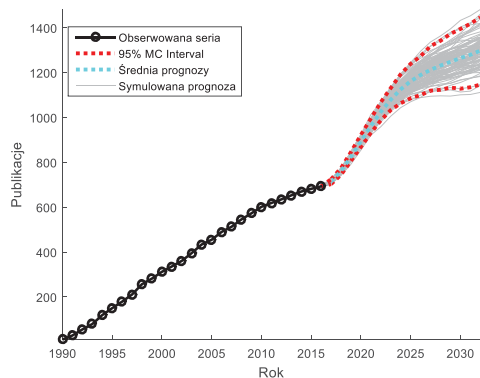
z wykorzystaniem grup eksperckich. Kontekst wsparcia pracy grupowej związany jest bezpośrednio z naturalną ewolucją systemów IT w podmiotach gospodarczych i wymogiem coraz to nowych cech użytkowych. Współcześnie podmioty posiadają technologie, które mogą wzmocnić kompetencyjnie oraz operacyjnie pracowników, celem uzyskania wzrostu efektywności wykonywanych zadań, nadzoru nad procesami decyzyjnymi, itd. W istocie, wskazane elementy wydają się potencjalnemu użytkownikowi standardowe dla współczesnych aplikacji korporacyjnych i nie związane bezpośrednio z podejmowaniem decyzji. Z punktu oceny użyteczności dla metod wspomagania podejmowania decyzji odgrywają zasadniczą rolę w całościowym procesie decyzyjnym na każdym z poziomów operacyjnych podmiotów. W percepcji użytkowników systemów pracy grupowej nie można kojarzyć bezpośrednio z procesem podejmowania decyzji w heterogenicznym środowisku. Analiza dorobku naukowego potwierdza, że systemy te gwarantują użytkownikom wszechstronny dostęp do treści i wiedzy niezbędnej w podejmowaniu decyzji, a także metodycznie wspierają sam proces.

Drugi zasadniczy nurt GSWD, stanowią systemy dedykowane bezpośrednio zadaniom wspomagania grup użytkowników w procesie właściwego podejmowania decyzji (często również kontaktach interpersonalnych). Rola nadrzędną tej architektury jest dostarczenie rozwiązań technicznych oraz metodycznych umożliwiających kolektywne podejmowanie decyzji przez wypracowanie konsensusu wśród stron zaangażowanych w proces decyzyjny, tj. debat, głosowania, paneli, itp.

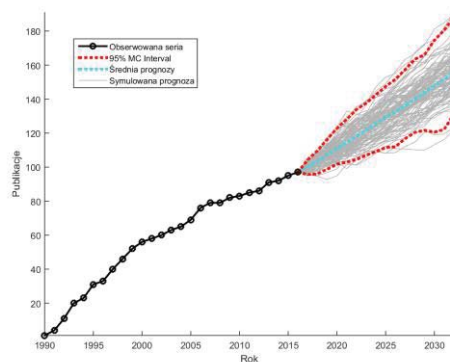
Postęp technologiczny w znaczący sposób wpłynął na zmianę definicji GSWD. Obecnie następuje stała tendencja zatarcia granicy pomiędzy poszczególnymi typami systemów w architekturze communication-based. Dostęp do sieci Intranet stał się uniwersalnym medium pozwalającym na szybką wymianę informacji oraz wiedzy w rozproszonym środowisku użytkowników systemów. Współczesne SWD w opisywanej architekturze oparto o paradygmat integracji heterogenicznych zasobów, celem finalnego udostępnienia ich zainteresowanym stronom oraz ułatwienia procesu komunikacji (także w sensie możliwości osiągnięcia konsensusu). Kiedyś podstawą było udostępnienie decydentom podstawowych narzędzi, tj.: narzędzi pracy grupowej, forów dyskusyjnych, zapewnienia możliwości wymiany wiadomości tekstowych i multimedialnych. Opracowane technologie transmisji strumieniowej audio i video pozwalają na: wydajne wsparcie procesu interakcji grup eksperckich rozproszonych geograficznie, budowanie nowego wymiaru interakcji oraz integracji grup ekspertów. Internet, jako medium, pozwala na aktywizację wymiany informacji oraz wiedzy w sposób bardziej wysublimowany. Modne współcześnie pozostają następujące trendy we wsparciu procesu decyzyjnego z wykorzystaniem medium, jakim jest Internet: możliwość gromadzenia i udostępniania zasobów w chmurach, dostęp do zasobów sieci społecznościowych typu Facebook, powiadamianie za pomocą Tweetera lub różnego rodzaju blogów, czy komunikacja Skype. Powyższe elementy procesu komunikacji redefiniują na nowo wymiar podejmowania decyzji – społecznościowy.

Przegląd współczesnych trendów wypunktowanych powyżej metod realizowanych w architekturze communication-based zawarto na Rys. 2.5. Badanie wykonano na podstawie dostawcy treści WoS, gdzie w zapytaniach poszukiwano publikacji naukowych związanych z użytkowaniem metod w architekturze communication-driven. Mniej reprezentatywne metody odrzucono. Ekstrapolacje trendów do roku 2020 wykonano z wykorzystaniem metody ARIMA.

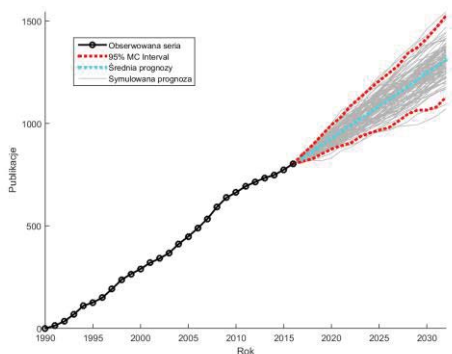
Holsapple i Whinston [121] zwraca uwagę na współczesny (czyli korporacyjny) kontekst użytkowania GSWD. W tym kontekście SWD mają zastosowanie głównie, jako organizacje lub systemy wsparcia negocjacji. Podstawowym zadaniem dla podmiotów zainteresowanych wdrożeniem efektywnych wzorców podejmowania decyzji, jest implementacja nowych modeli komunikacji, czy pracy grupowej. Jako przykład rozwiązań z tej dziedziny można wspomnieć, między innymi: budowa wirtualnych grup zadaniowych na potrzeby organizacyjne [185], tworzenie strategii organizacji z wykorzystaniem pracy grupowej [186], proces naboru [187], negocjacje [188] i wiele innych.



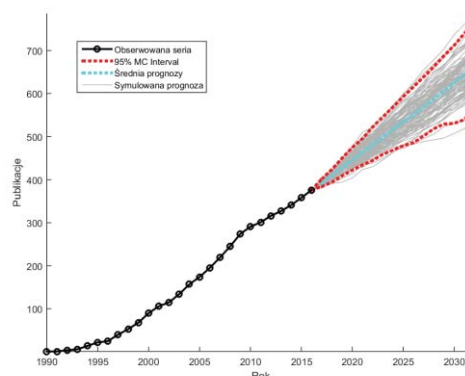
a) Electronic Mail



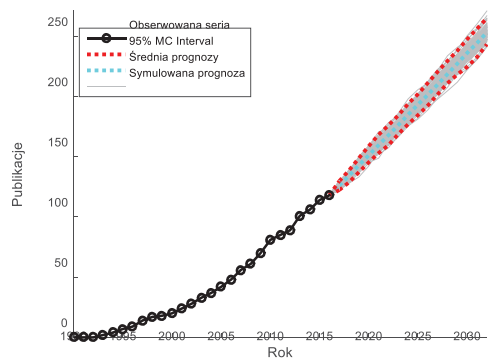
b) Computer Conferencing



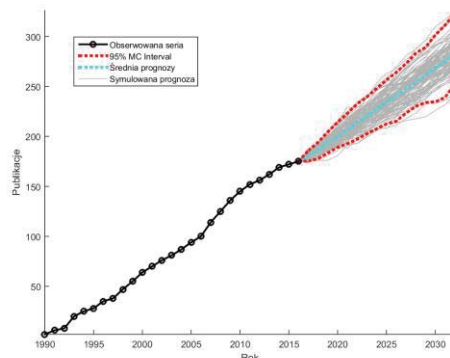
c) Computer Supported Cooperative Work



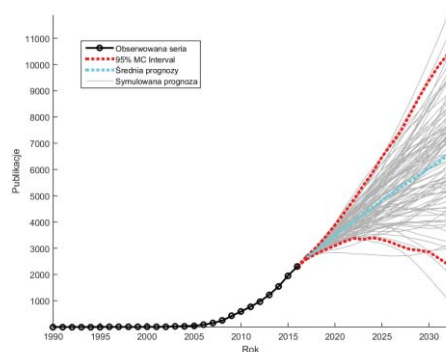
d) Electronic Communication



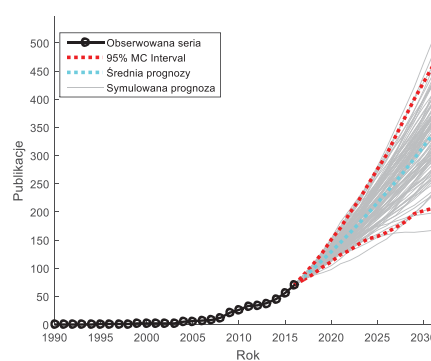
e) Organizational Communication



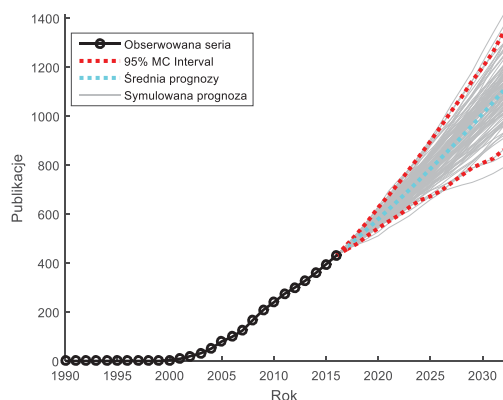
f) Computer Mediated Communication



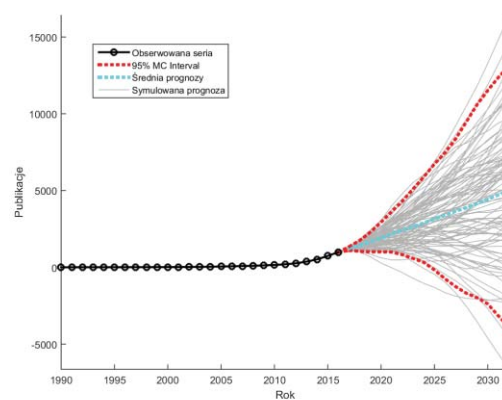
g) Social Network



h) Social Support



i) Instant Messaging - IM



j) Mobile Application

Rys. 2.5 Trendy użytkowania najważniejszych metod w architekturze communication-driven.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie WoS, dostęp 2017-01-20, prognozy ARIMA.

Można wyszczególnić dodatkowy wymiar użytkowy SWD, tzw. Wymiar społeczny. Systemy w architekturze communication-based w kontekście podejmowania decyzji dedykowane są głównie celom uzyskania konsensusu przy tworzeniu różnego typu polityk, np. konsultacje społeczne decyzji organów państwowych na poziomie regionu lub państwa. Współcześnie istnieje również koncepcja realizacji wyborów bezpośrednich za pośrednictwem technik komunikacji elektronicznej nie stanowi już novum [189].

W kontekście społecznym pojawia się nowa możliwość generowania samoorganizujących się inicjatyw wokół pewnego zagadnienia problemowego z wykorzystaniem sieci społecznościowych, np. w celu konsultacyjnym lub lobbingsowym. Przykładami prac opisujących wskazane przypadki kolektywnego podejmowania decyzji z wykorzystaniem sieci społecznościowych, są między innymi prace de la Rosa Troyano i in. [190], Rodrigues i Steinbock [191].

2.2 Dyskusja dostępnych metod i technik w kontekście implementacji SWD w transferze technologii w oparciu o metodę roadmappingu

Implementacja procesu decyzyjnego wdrażając mechanizmy roadmappingu technologicznego może pełnić następujące zasadnicze funkcje [76], [74]:

- a) być ekwiwalentem lub sposobem organizacji i praktycznego wykorzystania prognoz wykonywanych w celu wspomagania podejmowania decyzji,
- b) stanowić podstawę foresightu prowadzonego dla zaspokojenia długofalowych poznawczych i strategicznych potrzeb organizacji,
- c) metoda wspomagająca budowę strategii przedsięwzięcia lub organizacji w horyzoncie średnio i długoterminowym,
- d) być metodą adaptacyjnej zmiany strategii, w przypadku zmiany uwarunkowań otoczenia lub innych czynników wewnętrznych czy zewnętrznych.

Zastosowania roadmappingu technologicznego w realizacji powyższych funkcji, mogą przyjmować następującą formę [76], [74]:

- a) modelowania ewolucji technologii wykorzystywanych przez organizację, w tym głównie technologii produktowych i procesowych,
- b) prognozowania zapotrzebowania na technologie i produkty,
- c) planowania i optymalizacji strategii zapewniających rozwój technologiczny organizacji w długim horyzoncie czasowym.

Z punktu widzenia zarządzania organizacją, istotny dla menadżerów różnych stopni jest problem ostatni - c. Wdrożenie metod roadmappingu w organizacji jest związane z procesem kreatywnego myślenia o przyszłości, którego efektem będzie powstanie diagramu roadmappingu. Proces decyzyjny na tym etapie, winien być wsparty przez dedykowane metody podejmowania decyzji [7, 61, 75]. Proces analizy diagramu prowadzi do utworzenia modelu reprezentacji SI, a finalnie do

rozwiązania wielu problemów szczegółowych analizy wielokryterialnej trajektorii. Wybór strategii rozwoju dokonywany jest z reguły przy założeniu jednoczesnej optymalizacji kilku kryteriów, takich jak zysk w funkcji czasu (problem optymalizacji trajektorii), ryzyko związane z realizacją określonej strategii oraz pozycja strategiczna firmy. Różne organizacje mogą ponadto stosować specyficzne kryteria uzupełniające indywidualizując proponowaną metodę do własnych wymagań (przegląd literatury w tym zakresie zawarto w[192]).

Głównym i zarazem pierwotnym obszarem wdrażania RM są zagadnienia technologiczne w różnej konfiguracji, np. badania i rozwój technologii organizacji, wprowadzanie produktów i usług na rynek, modelowanie ewolucji technologicznej, itp. Przedstawione walory użytkowe wymienione powyżej są zbieżne z przedmiotem niniejszej pracy. Tematem rozprawy jest wsparcie procesu transferu technologii rozumianego szeroko, jako proces akwizycji i dyfuzji wyników badań naukowych, technologii, procesów, patentów lub idei. W kontekście TT, np. Rinne [53] wskazuje, że RM może pełnić funkcje: dedykowanej infrastruktury dla rozwoju oraz eksploracji technologii, czy metod modelowania ewolucji technologii, produktów i usług, celem doboru inwestycyjnego projektów technologicznych. Hitoshi i in. [193] twierdzi więc, że nie tylko RM stanowi infrastrukturę innowacji, ale może także integrować infrastrukturę z celami biznesowymi tworząc spójną Platformę Innowacyjną (ang. Innovation Support Technology, skrót IST). W rozumieniu Yasunaga i in. [28], RM powinien kreować politykę innowacyjną podmiotu, a nawet stać się (Kamtsiou i in. [194]) metodą pobudzenia kreatywności (PROLEARN Network of Excellence). Kostoff i in. [56] oraz Kim i Park [66] stanowi platformę transferu technologii. Walsha i in. [47] oraz Gehani i in. [195] wskazują, że w kontekście TT pełni rolę szybkiej komercjalizacji technologii oraz budowy strategii innowacyjnej danego podmiotu.

Larsson [52], Galvin [196], Groenvend [57] oraz Gerdri i in. [197] wskazują, że RM jest uniwersalnym narzędziem budowy strategii technologicznej, która integruje ze strategią biznesową czynnik technologiczny. Wskazana metoda jest również sposobem wzmocnienia kompetencji aktywnego reagowania na czynniki zewnętrzne, jako proces adaptacyjny organizacji przez ustawiczne monitorowanie i reagowanie podmiotu. Petrick i in. [37] wskazuje na prezentowaną metodę, jako narzędzie racjonalizacji ryzyka oraz możliwości swobodnego stosowania technik dokładnie na czas (*just in time*). Często metodę tę wiąże się mylnie jedynie z dużymi organizacjami. W przekonaniu Holmes i in. [198] jest to złudzenie, gdyż metoda posiada wiele walorów użytkowych pozwalających na implementację jej również w małych i średnich podmiotach.

RM nie stanowi wyłącznie metody decyzyjnej (Phaal i in. [199], Ligenza i in. [200]), lecz może być także schematem zarządzania wiedzą ekspercką w każdej organizacji. Proces ten często stanowi również duże wyzwanie organizacyjne w kontekście tworzenia, integrowania oraz wdrażania różnych kategorii planów. Zgodnie z wypowiedziami Grossmana [51] metoda ta nie powinna być użytkowana incydentalnie, lecz wymaga przemyślanej koncepcji jej wdrożenia. W istocie konstrukcję planu uzyskuje się przez systematyczną ewolucję wiedzy na temat zagadnienia problemowego (uszczegóławianiem) oraz procesu (dopasowaniem i wdrażaniem rezultatów – planu strategicznego).

Roadmapping można odnieść do kompleksowej filozofii zarządzania ukierunkowanej na osiąganie celów, poprzez tworzenie konkurencyjnych planów realizacji (Pukocz i in. [7], [201]). Metoda stanowi całościowy proces i nie ogranicza się jedynie do efektu w postaci diagramu MD. Większość współczesnych prac poświęconych zagadnieniu implementacji procesu RM czerpie inspirację z wczesnych opracowań takich badaczy, jak: Willyard i McClees (Motorola, [21], Groenveld i in. (integracja prognozowania technologicznego z biznesem, [57]), Martin (praktyczne przykłady wdrożenia RM [202], Bray i Garcia (podstawy wdrażania RM [203]). Współczesny dorobek naukowy pozwala z całą pewnością dokonać pozycjonowania RM, jako całościowego oraz dojrzałego procesu zintegrowanego z określonym środowiskiem implementacji.

Pewni badacze promują indywidualne schematy wdrażania procesu RM. Należy do nich między innymi Farrukh i in. [55], Phaál i in. [199, 204], który wprowadza tzw. T-Plan oraz Fast-Start, jako metody szybkiego wdrożenia RM. Wszystkie te opracowania są dedykowane skróceniu czasu wdrożenia przez: określenie predefiniowanej struktury DRM oraz zakresu workshop'ów tematycznych (rynek, produkt, technologie). Phaál i in. W pracy [205] potwierdza pozytywne przyjęcie metody T-Plan, co zostało zilustrowane przez 18 wdrożeń tej metody w różnych obszarach

problemowych. Z kolei Eversheim i in. [206] proponuje metodę tzw. „model W”, którego celem jest wdrożenie metody RM dedykowanej planowaniu produktów innowacyjnych. Nabil i in. [207] twierdzi, że dostępność wielu formatów wyjściowych DRM wynika z: braku wystarczających kompetencji, trudności monitorowania i jej aktualizacji, trudności w pozyskaniu dobrych jakościowo informacji i wiedzy, braku szkoleń, nieefektywnej metody. Powyższe fakty znacznie utrudniają jej implementację, a nawet skutkują jej incydentalnym użyciem.

Proces RM zawiera liczne elementy behawioralne wynikające między innymi z dynamicznego angażowania wielu interesariuszy posiadających różne priorytety, wnoszących własne cele oraz wartości. Proces ten równocześnie realizowany jest w warunkach niepełnej i niepewnej informacji. Kreowany model problemu jest na tyle skomplikowany, że decydenci nie są w stanie samodzielnie skonstruować diagramu DRM oraz dokonać jego analizy. RM stanowi narzędzie racjonalizacji ryzyka (Petrick i Echols [37]), które pozwala na skupienie się na istotnych elementach procesu (Phaal i Muller [208]), do którego należą: organizacja procesu, akwizycja wiedzy (*workshops* – wiedza ekspercka), integracja wiedzy i podejmowanie decyzji. Drugą Fazę procesu RM właściwie opisano w pracy Phaal i in. [209] omawiającej zagadnienie wdrożenia metody T-Plan.

W ramach workshop'ów, eksperci identyfikują i modelują zagadnienie problemowe przez rozważanie wzajemnych oddziaływań dynamicznych określonych czynników znajdujących się na wielu warstwach. Główne warstwy zostały wyłonione a-priori w ten sposób, by uwzględnić wyłącznie istotne zjawiska mające wpływ na badane zagadnienia problemowe. Wybór dodatkowych warstw musi być poprzedzony rzetelną analizą istotności danego czynnika w kontekście całego systemu. Dostępność zasobów takich jak: kapitał, know-how, zasoby ludzkie i inne determinuje zakres analizy oraz jego szczegółowość. Zrozumienie dynamiki i wzajemnych istniejących powiązań między obiektami układu, stanowi klucz do osiągnięcia celów roadmappingu. Podstawową metodę identyfikacji elementów RM stanowi *brainstorming* (Kerr i in. [43]), w którego przypadku ten aspekt pozyskiwania wiedzy jest ważnym czynnikiem społecznym ułatwiającym jej transfer oraz skuteczną identyfikację nowych idei.

Odwołując się do szczegółów technicznych w opinii Probert i in. [210], DRM powinna bezwzględnie przyjąć formę graficzną (diagramu sieciowego). Diagram ten powinien zawierać, co najmniej jedną warstwę oraz oś czasu. Struktura warstw winna odzwierciedlać w hierarchiczny sposób modelowane zagadnienie problemowe. Phaal [211] wyróżnił najważniejsze cechy MD, takie jak:

- graficzna forma reprezentacji, która jest wydajnym oraz analitycznym narzędziem modelowania,
- możliwość integracji wielu punktów postrzegania problemu przez wprowadzenie wielowarstwowości diagramu,
- integracja przeszłości, teraźniejszości i przyszłości,
- możliwość synchronizacji działań dowolnych podmiotów z wykorzystaniem prostych narzędzi.

Ustanowienie pewnych wytycznych w stosunku do formy, jak i elementów składowych DRM ułatwia modelowanie wielu zagadnień decyzyjnych. Duża rozpiętość potencjalnych obszarów aplikacji RM, jak i jej odmian zaburza możliwość prawidłowej konstrukcji diagramu oraz prawidłowe uwzględnienie wymagań formalnych podmiotu. Każdy z badaczy inaczej rozważa architekturę DRM oraz strategię wypełniania diagramu. W literaturze pojawia się kilka konkurencyjnych koncepcji zbioru kluczowych warstw dla modelowania zagadnień technologicznych:

- Garcia oraz Bray i Garcia [203], proponują ustanowić instytucje warstwy centralnej - technologii, następnie dokonać identyfikacji kolejnych kluczowych warstw zależnie od problemu decyzyjnego;
- Farrukh i in. [55] oraz Phaal i in. [210] w metodzie T-Plan proponują predefiniowaną strukturę głównych warstw: rynek – biznes, produkt – usługa, technologie;
- Costa i in. [212] definiuje następujące warstwy: produkt, funkcjonalności, technologie;
- Eirma [213] identyfikuje najważniejsze warstwy jako: czynniki zewnętrzne, technologie, wiedza, know-how, zasoby;

- Skulimowski i Pukocz [7, 61, 62, 76] wyszczególnił warstwy: czynnik biznesowy, rynek, produkt, technologie, badania, patenty, wzorce użytkowe. Inne warstwy powinny być identyfikowane wg uznania, zgodnie z zasadą istotności dla procesu planowania strategicznego.

Warstwami przewodnimi dla grupy metod dedykowanych TT w przekonaniu autora rozprawy pozostają zawsze: badania, technologia, produkt, rynek. Wskazana konfiguracja warstw determinuje pełne pokrycie kompetencyjne transferu technologii.

Druga faza procesu RM tworzy diagram DRM przez interakcyjne uzupełnienie poszczególnych warstw o identyfikowane obiekty oraz powiązania. Warstwy reprezentują wpływ różnych zjawisk na system SI, które w przypadku problemów transferu technologii można zawęzić do: czynników rynkowych, podaży technologii, ustawodawstwa mającego wpływ na funkcjonowanie podmiotu, popytu oraz podaży na produkty oraz usługi, cele biznesowe lub inne istotne obszary działalności operacyjnej. Przykładową DRM zaprezentowano na Rys. 2.6, która stanowiła efekt realizacji drugiej fazy procesu RM.



Rys. 2.6 Przykład DRM producenta systemów monitoringu.

Źródło: Opracowanie własne.

Dobór warstw dla MD jest determinowany głównie przez zagadnienie problemowe, dla którego następuje zastosowanie metody. Przykładowo w pracach Sainio i Puumalainen [214], oraz Vojak i Chambers [215] dokonano identyfikacji radykalnych oraz tzw. destrukcyjnych innowacji (tzw.

disruptive technology), a Kahng [216] identyfikacji i prognozowania funkcjonalności produktów (tzw. metody *Achieved by design* oraz *Design for manufacturability*). Dla wskazanych zagadnień dobór warstw kształtował się następująco: Produkty, Rynek, Technologia, Funkcjonalności. Z kolei Geumn i Park [217] rozdzielił warstwy Produkty i Usługi, traktując je jako niezależne byty. Sugerował również dla problemu tzw. TRPSS (ang. *Technology Roadmap Product-Service System*) rozdzielenie warstwy Produkty i Usługi na niezależne elementy analityczne.

Właściwa konstrukcja mapy drogowej (wizualizacja powiązań decyzji na diagramie, skrót MD) polega na właściwej identyfikacji obiektów przynależących do poszczególnych warstw, w oparciu o kryteria istotności modelu. Warstwy o najwyższym priorytecie (tzw. Wewnętrzne) stanowią element opisu operacyjnego, bądź funkcjonalnego danej organizacji. Obiekty dalszych warstw dobierane są spośród elementów będących w relacji kauzalnej warstwy wewnętrznej lub innym (dotychczas wybranym obiektem). Wraz z kreatywnym doбором każdego z obiektów, definiowane i kodowane są relacje między nimi. Sukcesywnie prowadzona jest analiza relacji międzywarstwowych dla wyszczególnionych już elementów oznaczonych na warstwach. Na podstawie analizy porównawczej mogą być identyfikowane dalsze relacje pomiędzy poszczególnymi obiektami osadzonymi na różnych warstwach. W przypadku identyfikacji nowych elementów diagramu może nastąpić proces wydzielenia kolejnych obiektów i osadzenie ich na właściwych warstwach. Z kolei, relacje wewnątrzwarstwowe można utożsamiać z zależnościami temporalnymi, które opisują ewolucję obiektów na poszczególnych warstwach wykorzystując informacje o trendach i scenariuszach rozwojowych. W trakcie procesu modelowania, następuje integracja wiedzy pochodzącej z heterogenicznych źródeł oraz fuzja danych ilościowych i jakościowych związanych z różnymi rodzajami relacji między obiektowych. Budowa diagramu prowadzona jest aż do wyczerpania zbioru potencjalnie istotnych obiektów lub do osiągnięcia maksymalnego rozmiaru diagramu umożliwiającego jego analizę, przy wykorzystaniu dostępnych zasobów logistycznych. Przykładowy proces pozyskania wiedzy dzięki panelom ekspertów, zaprezentowano na Rys. 2.7 w wyniku przeprowadzenia tego procesu nastąpiło opracowanie diagramu zawartego na Rys. 2.6.



Rys. 2.7 Przykład realizacji klasycznego procesu roadmappingu.

Źródło: Fundacja P&B, AGH.

Implementacja systemu wspomagania decyzji wykorzystującego metody roadmappingu w obszarze planowania strategicznego implementującego narzędzia transferu technologicznego, powinna przyjąć formę spójnego systemu informatycznego. System informatyczny powinien dostarczać odpowiednich metod wymaganych przez system wspomagania decyzji w zależności od jego potrzeb informacyjnych. Bazując na przedstawionym przeglądzie rozwiązań, zauważa się współcześnie dużą specjalizację systemów wspomagania decyzji w zdefiniowanej architekturze. Roadmapping wymaga elastycznego podejścia architektonicznego i zadaniowego, które powinno być zintegrowane w elastycznym środowisku.

Przykładowo prace grup specjalistów mogą być poszerzane o dodatkowe narzędzia wspomagające proces modelowania diagramu DRM w kontekście podejmowania decyzji. W literaturze proponuje się użytkowanie następujących narzędzi:

- Groenvend i in. [57] proponuje wykorzystanie następujących narzędzi: *QFD* (ang. *Quality Function Deployment*), *analiza portfolio*, *analiza SWOT*, *matryce innowacji*,
- Farrukh i in. [55] proponuje użytkowanie narzędzi typu: *macierze analityczne*, (dwuwymiarowe) wraz z możliwością rankingowania identyfikowanych elementów, a Wells i in. [218] narzędzia typu *domain maps*, *tree diagrams*, *mind maps*. Petrick, i Echols [37] wspomagają proces planistyczny w oparciu o *trajektorie technologiczne* z dopasowaniem wzorca S-krzywej (reprezentującej cykl życia technologii) lub Zang i in. [219] wykorzystuje metodę *TRIZ* do identyfikacji poszczególnych stadiów rozwoju technologii. Proponuje użytkowanie narzędzi typu: *macierze analityczne*, (dwuwymiarowe) wraz z możliwością rankingowania identyfikowanych elementów. Dodatkowo zaleca stosowanie metody pozwalającej na dopasowanie warstw stosując wzorce *market-pull* lub *technology-push*,
- Wells i in. [218] narzędzia typu *domain maps*, *tree diagrams*, *mind maps*,
- Petrick, i Echols [37] wspomagają proces planistyczny w oparciu o *trajektorie technologiczne* z dopasowaniem wzorca S-krzywej (reprezentującej cykl życia technologii),
- Zang i in. [219] wykorzystuje metodę *TRIZ* do identyfikacji poszczególnych stadiów rozwoju technologii.
- Farrukh i in. [55] użytkuje metodę dopasowania warstw stosując wzorce *market-pull* lub *technology-push*.
- Haddad i Maldonado [220] proponuje funkcyjne podejście do opracowanie mapy drogowej dedykowanej planowaniu strategicznemu i zorientowanej na przyszłość w przypadku innowacyjnych systemów technologicznych.
- DeGregorio [50] wskazuje, że predefiniowane do tych zastosowań mogą być diagramy przepływu danych (tj. graficznej reprezentacja przepływu danych w procesie, skrót DPD).

Każda z powyższych metod stanowi element pozwalający na lepsze modelowanie zagadnień technologicznych w zdefiniowanym problemie szczegółowym. Wskazane narzędzia powinny pełnić funkcję komplementarną dla identyfikacji oraz modelowania dynamiki obiektów w SI. Finalnie wskazane metody powinny ułatwić integrację wiedzy oraz umożliwić ukierunkowanie pracy grup eksperckich na podniesienie efektywności gromadzenia wiedzy.

Szerszą analizę stosowanych narzędzi dokonali Phaal i in. [221], [204], opracowali identyfikację katalogu narzędzi dedykowanych metodzie RM, do których można zaliczyć m.in.: predefiniowane frameworki zoptymalizowane dla roadmappingu, modele macierzowe, siatki, tabele, grafy, checklisty, taksonomie, listy procedur oraz procesów, szkolenia, workshopy, oprogramowanie, etc. W rozprawie dokonano podziału wskazanych narzędzi na dwie zasadnicze klasy: klasy A – bazujące na macierzach oraz klasy B metod operacyjnych o większej pojemności informacyjnej (niż macierze). Zwrócono tam również uwagę na normatywne wykorzystanie takich narzędzi, jak: macierze, tabele, profile scoringowe, a jako narzędzia integracji wiedzy: arkusze danych, arkusze bilansowe i finalnie schematy DM. W ramach prac tego zespołu, wyróżniono w sumie 254 narzędzi macierzowych. Dokonując przeglądu metod w tej dziedzinie, potencjalny czytelnik może się spotkać z propozycją nietypowych metod wsparcia procesu modelowania. Przykładowo Rinne [53] proponuje wykorzystanie różnego rodzaju gier pobudzających kreatywność zespołów.

Proces podejmowania decyzji w oparciu o RM wymusza konstrukcje wielu DRM uwzględniających najbardziej prawdopodobne projekcje scenariuszy zachowania systemu. Wielowymiarowość opracowanych wizji jest wyzwana przez analizę konsekwencji decyzji determinowanego zbiorem potencjalnych akcji. Elementy tego zbioru mogą stanowić działania związane z pozyskaniem finansowania, uruchomieniem kredytu na zakup licencji, wdrożeniem rozwiązania technologicznego, itp.

W klasycznej metodzie RM, wybór konkretnej wizji ewolucji systemu (podobnej do zamieszczonej na Rys. 2.6) odbywa się na zasadzie wypracowania kompromisu eksperckiego. Istotą procesu decyzyjnego jest przeprowadzenie serii paneli decyzyjnych mających wyłonić konkretne

rozwiązanie efektywne dla decydenta po uzyskaniu definicji kilku wizji (propozycji) kształtowania się przyszłości analizowanego zagadnienia. Proces wyboru zostanie szczegółowo omówiony w dalszej części rozprawy.

Na przestrzeni wielu lat coraz silniej oczekuje się większego zaangażowania w proces RM systemów ICT. Na początku funkcjonowania metody, odpowiednie odnośniki można znaleźć w pracach między innymi EIRMA [213], Bray i Garcia [203], Groenvent [57], Kappel [222], stanowiące o konieczności stosowania systemów informatycznych do wsparcia procesu RM. Phaal i in. [34] twierdzi, że współczesne zapotrzebowanie informacyjne wymaga bezwzględnie zastosowania systemów ICT, co wynikająca przede wszystkim ze złożoności analizowanych problemów i położenie nacisku na szybkość osiągania rezultatów.

W pracy Phaal i in. [205] pojawia się sugestia o celowości stosowania dedykowanego oprogramowania wspomagającego proces tworzenia diagramów MD. Wynikało to głównie z konieczności zarządzania dużymi partycjami informacji i ich wizualizacji oraz zarządzania pracą dużych grup decyzyjnych. W pracy Petric i Guzman [223] wspomniano o przykładzie realizacji aplikacji internetowej wspomagającej tworzenie diagramów DM. Głównymi zadaniami tej aplikacji były: obsługa pracy grupowej ekspertów, wprowadzanie informacji odnośnie parametrów obiektów oraz ich identyfikacja, wizualizacja RM. Konkurencyjne podejście realizacji oprogramowania na potrzeby modelowania DRM przedstawiono między innymi w pracy DeGregoria [50], gdzie zaprezentowano VisionMap (pierwotnie *TechMap*). Oprogramowanie to pozwalało na modelowanie diagramów na potrzeby podejmowania decyzji wraz z programem DecisionLink, co pozwalało na zarządzanie obiektami, atrybutami oraz widokami MD. Inną wizję tego typu narzędzia przedstawił Petrick i Guzman [223], który wyposażył je między innymi w funkcjonalności: zarządzanie informacją na potrzeby MD, wizualizacja diagramów, aktualizacja MD. Wśród funkcji niskopoziomowych wspomnianej aplikacji, można wspomnieć o użytkowaniu ontologii przemysłowej do kodowania produktów zawierającej obsługę interakcji ekspertów, w tym możliwość komentowania struktury MD. Inną koncepcję wsparcia procesu budowy MD reprezentował Grossman [51], który skupił się na procesie kreatywnym i jego wsparciu przez specjalistyczne oprogramowanie na bazie *mind mapping'u*.

Większość dostępnego dziś oprogramowania wspiera proces tworzenia diagramów MD, a także pozwala na ich wizualizację. Autorskie podejście w tym zakresie, można znaleźć między innymi w [204] The Conzilla Tool (narzędzie web do conceptualnego modelowania zależności) oraz innych [194, 199, 224-226] [227]. Dodatkowo, w pracach Fararucht i in. [55], Fleischer i in. [228], Tang i in. [229], Bicking i Wimmer [27]. Pojawiają się dedykowane narzędzia realizujące budowę diagramów DRM ze szczególnym uwzględnieniem metod pracy grupowej. Na rynku funkcjonują również komercyjne narzędzia przeznaczone do zastosowania tworzenia MD, jakim jest np. Accolade Vision Strategist (<http://www.sopheon.com/SOLUTIONS/AccoladeVisionStrategist.aspx>), znane też pod nazwą Sopheon's Innovation Planning Software [51]). Ten schemat pracy jest również powielany konkurencyjnych pakietach oprogramowania (Dodatek 0.3)

Znaczące zmiany następują na przestrzeni ostatnich lat, kiedy coraz częściej wdrażane są realizacje systemów ICT wspierających proces RM. W dokonanym przeglądzie znajduje się kilka prac posiadających wymiar pragmatyczny wprowadzający konkretne koncepcje architektoniczne dla systemów informatycznych (np. [66], [230]), bądź przedstawiający implementacje realizujące wspomniany proces w dość ograniczonym fragmencie (np. [194]). Przykłady gotowych rozwiązań programowych stanowią jednak mniejszość ogólnej aktywności publikacyjnej. Większość analizowanych prac potwierdza użytkowanie oprogramowania dedykowanego procesowi głównie do celów tworzenia diagramów MD (narzędziowo). Negatywny czynnik stanowi brak wykorzystania dużego potencjału RM w celach planowania strategicznego na potrzeby transferu technologii, jako kompleksowego systemu wspomagającego proces decyzyjny w tym obszarze. O tych czynnikach wspomniano szerzej w pracach autora niniejszej rozprawy: [61, 62, 76].

Od SWD oczekuje się cech uniwersalnych oraz wysokiego stopnia integracji w pełnym spektrum wsparcia na każdym etapie procesu decyzyjnego. Ważne jest, by system był transparentny dla potencjalnego użytkownika na każdym z etapów procesu podejmowania decyzji. Termin „integracja”

oznacza przede wszystkim elastyczne stosowanie wymaganych komponentów architektonicznych zależnych od aktualnych wymagań oraz potrzeb procesu decyzyjnego. Fuzja różnorodnych architektur SWD przez spójne wsparcie procesu decyzyjnego wymusza zatarcie granic pomiędzy poszczególnymi typami systemów użytkowanych podczas procesu decyzyjnego. Uzyskując w ten sposób SWD, jako rozwiązanie komplementarne, dynamicznie dostosowujące się do potrzeb decydentów. Posiłkując się wieloma przeglądami bibliograficznymi przedstawionymi w tym rozdziale, można zauważyć istotny brak zagadnienia poświęconego współpracy i integracji różnorodnych architektur SWD w formie jednolitego środowiska decyzyjnego.

SWD w Transferze Technologii wymagają kompleksowego wdrożenia we wszystkich elementach realizacji procesu decyzyjnego. Narzuca to konieczność dynamicznego i elastycznego modelowania środowiska decyzyjnego zależnie od aktualnych potrzeb informacyjnych. Proponowane przepływy informacyjne dla poszczególnych architektur SWD w kontekście niniejszej rozprawy zgromadzono w Tab. 2.1. Możliwość realizacji SWD w Transferze Technologii przez integrację różnych architektur (wzorców) tworzy dynamiczną hybrydę systemu informatycznego. Takie podejście może skutkować budową kompleksowego i elastycznego procesu decyzyjnego powiązanego z działaniami operacyjnymi podmiotu oraz dużym wpływem konkurencyjnego otoczenia wysokich technologii.

Tab. 2.1 Cechy użytkowe wybranych architektur SWD.

Architektura SWD	Cechy użytkowe pożądane w implementacji SWD w transferze technologii	Źródła danych, informacji, wiedzy
data-driven	dostęp i manipulacja danymi	szeregi czasowe lub inne dane strukturyzowane bądź nieustrukturyzowane
model-driven	dostęp i manipulacja modelami	modele statystyczne, symulacyjne, optymalizacyjne
knowledge-based	dostęp i manipulację wiedzą	wiedza ekspercka, fakty, reguły procedury, ontologie lub inne komplementarne struktury
communication-based	pozyskiwanie wiedzy eksperckiej, praca grupowa, grupowe podejmowanie decyzji	kolektywna inteligencja, współdzielenie wiedzy na poziomie grup

Źródło: Opracowanie własne.

Zastosowanie systemów zarządzania wiedzą wydaje się być krytycznym elementem współczesnych systemów decyzyjnych. SZW należy traktować jako wymagalny komponent kompleksowego zarządzania wiedzą na potrzeby decyzyjne. Standardowe podejście polegające na stosowaniu w różnych układach dedykowanych systemów informacyjnych nie spełnia oczekiwań. Systemy informacyjne są zbyt statyczne i słabiej reagują na aspekt szybkiego pozyskiwania wiedzy w bardzo zmiennych środowiskach jakimi są obszary zarządzania technologiami. Konstrukcja systemu decyzyjnego wraz z dedykowanymi metodami zarządzania wiedzą oraz właściwa reprezentacja wiedzy, może dodać wiele pożądanych cech do projektowanego systemu decyzyjnego.

Obecnie oczekuje się od SWD poświęconego transferowi technologii cech uniwersalnych oraz wysokiego stopnia integracji w pełnym spektrum wsparcia procesu decyzyjnego. Dodatkowo ważne jest, by system był transparentny dla potencjalnego użytkownika na każdym z etapów procesu podejmowania decyzji. Termin „integracja” oznacza przede wszystkim elastyczne stosowanie wymaganych komponentów architektonicznych zależnych od aktualnych wymagań oraz potrzeb procesu decyzyjnego. Fuzja różnorodnych architektur SWD przez spójne wsparcie procesu decyzyjnego wymusza zatarcie granic pomiędzy poszczególnymi typami systemów użytkowanych podczas procesu decyzyjnego. Uzyskując w ten sposób SWD jako rozwiązanie komplementarne dynamicznie dostosowujące się do potrzeb decydentów. Posiłkując się wieloma przeglądami bibliograficznymi przedstawionymi w tym rozdziale, można zauważyć istotny brak zagadnienia poświęconego współpracy i integracji różnorodnych architektur SWD w formie jednolitej, tzn. hybrydowych systemów wspomagania decyzji.

2.3 Podsumowanie

W rozdziale dokonano rzeczowego przeglądu architektur systemów wspomagania decyzji. Dokładnie przedstawiono zarys historyczny, architektury oraz przypadki użycia takich systemów w wielu zagadnieniach praktycznych. Prześladowano także trendy bibliometryczne stosowania tych architektur w szerokim przedziale czasowym, celem poszukiwania rozwojowych metod i technik mogące być użyteczne w dalszych rozważaniach. Wskazano słabe i mocne strony każdej z architektur w kontekście użytkowania jej w obszarze systemów wspomagania decyzji w transferze technologii. Finalnie pojawiła się konkluzja, że najlepsze rozwiązanie merytoryczne stanowi integracja kilku architektur jednostkowych w formie architektury hybrydowej SWD. Integralną częścią tej architektury będzie dostarczenie mechanizmów pozwalających na elastyczne i dynamiczne użytkowanie wzorców architektonicznych SWD w zależności od zapotrzebowania informacyjnego procesu wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych.

Rozdział 3

IDENTYFIKACJA PROBLEMÓW ZWIĄZANYCH Z KONSTRUKCJĄ SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI ORAZ PROPOZYCJA ICH ROZWIĄZANIA

Rozdział stanowi systematyzację informacji, które będą służyły konstrukcji systemów wspomagania decyzji dedykowanych zagadnieniom transferu technologii informatycznych z wykorzystaniem metody roadmappingu technologicznego. W treści zostaną zidentyfikowane i uszczegółowione ogólne problemy użytkowania transferu technologii oraz ocena możliwości kompetencyjnego wsparcia tych procesów przez dedykowany system informatyczny wspomagający proces decyzyjny.

Przedstawione w niniejszym rozdziale informacje zawierają charakterystykę dostępnych narzędzi oraz metod, które mogą posłużyć do zaprojektowania systemu informatycznego. Równocześnie, zaproponowano sposób realizacji zagadnienia problemowego obecnego w rozprawie oraz określono główne założenia implementacyjne pracy. Finalnie przedstawiono ogólny sposób realizacji systemu informatycznego wraz z dokonaniem właściwej analizy wymagań. Powyższe zagadnienia będą uszczegółowiane w kolejnych rozdziałach.

3.1 Identyfikacja podstawowych klas problemów aktywnie użytkujące narzędzia transferu technologii i scenariusze ich wdrażania

Wiele podmiotów obecnie jest zainteresowanych aktywnym użytkowaniem technologii, co ma szczególne znaczenie dla technologii informatycznych. Pozyskiwanie ich i dyfuzja najczęściej odbywają się z wykorzystaniem różnych narzędzi transferu technologii. Wskazane działania wymagają opracowania koncepcji w formie planu strategicznego oraz niżej w hierarchii - planu operacyjnego lub taktycznego. Plan taki ułatwia wdrożenie różnych koncepcji biznesowych i w efekcie poprawy pozycji konkurencyjnej podmiotu. Dodatkowo, metoda wdrażana powinna być elastyczna z możliwością dokonywania dynamicznej korekty implementowanego planu. Spełnienie tych postulatów pozwoli organizacji na podejmowanie trafnych decyzji w agresywnym otoczeniu, które mogą sprowadzać się do: blokady konkurencji przez budowę portfela patentowego, planowania produkcji i badań w oparciu o aktualny profil działalności, zmniejszenia obciążenia wynikającego z wytworzenia technologii na zasadzie innowacji otwartej, itd. Proces zarządzania Transferem Technologii powinien zostać włączony w kompetencje decyzyjne organizacji i być traktowany na równi z innymi elementami zarządzania organizacją takimi jak: zarządzanie jakością (TQM) lub finansami, HR, itd. Poniżej zostaną zaprezentowane podstawowe kategorie problemów praktycznych, z jakimi spotykają się podmioty funkcjonujące w systemie innowacyjnym oraz sposoby ich rozwiązywania.

Jednym z obszarów aktywności wielu podmiotów komercyjnych operujących na rynku konkurencyjnym opiera się o proces dostarczenia pewnych dóbr zaspokajających konkretne zapotrzebowanie odbiorców. Z reguły efektem tego działania jest produkt lub usługa, którą oferuje się klientom. Realizacja tego zadania wymaga prawidłowego przygotowania procesu produkcji (Pukocz i in. [61, 62, 76]). Problem ten można zdefiniować jako:

Problem Technologiczny 3.1 Problemem Rozwoju Nowych Produktów i Umiejscowienia ich na Rynku

Problemem Rozwoju Nowych Produktów i Umiejscowienia ich na Rynku (ang. New Product Development and Market Place, skrót NPD-MP) nazywane jest zagadnienie prawidłowej identyfikacji produktu oraz przygotowania strategii wraz z planem operacyjnym pozwalającym na zapewnienie zrównoważonego rozwoju na określonym rynku konkurencyjnym.

Rozwiązaniem problemu będzie utworzenie kompleksowej strategii produktowej lub usługowej, wraz z planem operacyjnym lub taktycznym, dla dowolnego segmentu rynkowego. Egzystencja oraz dalszy rozwój organizacji jest dyktowany przez możliwość tworzenia i rozwijania produktów oraz usług. Rodzimym rynek posiada wiele pozytywnych przykładów przedsiębiorców, którzy odnieśli sukces na rynku rodzimym i unijnym. Nie konkurowali oni wyłącznie ceną jednostkową oferowanych produktów, lecz również poprzez umiejętność wprowadzania nowych innowacyjnych towarów, np. Solaris Bus & Coach, Cersanit oraz wielu innych.

Elementem normatywnej działalności wskazanych podmiotów jest podejmowanie decyzji w takich obszarach problemowych, jak: tworzenie i rozwój asortymentu produktów zgodnie z oczekiwaniami konsumentów oraz zapewnienie dostępu do nowych technologii (w tym licencjonowania, przejęcie strategiczne konkurencyjnych podmiotów, technologiczne zlecenia zewnętrzne, np. opracowanie lub wytworzenie technologii), monitorowanie trendów technologicznych i rynkowych, monitorowanie konkurencji. Problem NPD-MP szczególnie teraz zyskuje na znaczeniu, w wyniku nasilania się walki konkurencyjnej w globalnej gospodarce, zarówno na poziomie przedsiębiorstw (planowanie rozwoju produktów w kontekście ekspansji rynkowej), organizacji między i ponadnarodowych, czy państw i regionów (polityka innowacyjna, benchmark regionalny i krajowy, wskaźników innowacyjnych), jak również instytucji naukowo-badawczych (realizacja polityki naukowo-badawczej, pozyskiwanie środków funduszy UE).

Przedsiębiorcy są zainteresowani przede wszystkim zmniejszeniem ryzyka wynikającego z opracowania nowych technologii oraz ich wdrożeniem. Głównym elementem redukcji ryzyka jest świadome i aktywne użytkowanie metod transferu technologii. Dla przykładu, jednym z dostępnych sposobów minimalizacji ryzyka w tym zakresie będzie zaangażowanie innych partnerów lub nawet konkurencji w kosztowne projekty rozwoju technologii. Kooperacja wielu równorzędnych podmiotów wymusza istnienie narzędzi pozwalających na: globalną ewaluację ryzyka, oszacowanie potencjalnych korzyści i zagrożeń angażowania się w tego typu przedsięwzięcie, określenie własnych potrzeb technologicznych (obecnie i w przyszłości), zasadność stosowania licencjonowania krzyżowego, tworzenie złożonych strategii IP i wiele innych problemów. Zastosowanie systemu decyzyjnego w tym kontekście, powinno pozwalać na ocenę indywidualną działań powiązanych z użytkowaniem technologii i ustalenia zasadności podejmowanych akcji przedsiębiorcy oraz ich konsekwencji.

Duże organizacje obecne na rynku globalnym, już dawno eksploatują problem NPD-MP. Wytworzyły one wiele narzędzi pomocnych w zarządzaniu technologiami, np. wspomniany w rozdziale pierwszym roadmapping. Diametralnie inna sytuacja występuje w sektorze MŚP, gdzie większość polskich firm dopiero zauważa potrzebę kreowania własnej polityki technologicznej. Umiejętne przeprowadzenie audytu i określenie własnych potrzeb technologicznych, wraz z dostępem do odpowiednich narzędzi wspomagania decyzji, powinno spotęgować użyteczny wymiar TT w tych podmiotach. Transfer jest jednym z elementów budowy strategii pozwalających na osiągnięcie celów biznesowych organizacji przez wykorzystanie różnych narzędzi, do których należą: rozmaite sposoby licencjonowania technologii, outsourcing technologiczny, filozofia innowacji otwartej, strategii IP zmierzające do blokowania działań konkurencji, zarządzanie prawami IP, itd.

Rozwiązanie problemu NPD-MP w kontekście TT powinno zostać realizowane przez:

- a) modelowania ewolucji technologii wykorzystywanych przez organizacje, w tym zwłaszcza technologii produktowych i procesowych,
- b) prognozowanie zapotrzebowania na technologie i produkty uwzględniające współczesne trendy społeczne, ekonomiczne i uwarunkowania prawne,
- c) planowanie i optymalizację strategii zapewniających użytkowanie narzędzi TT.

Dynamiczna polityka proekologiczna Unii Europejskiej wymusza na wielu podmiotach zmianę ich funkcjonowania w celu dostosowania się do nowych uregulowań prawnych. Działanie to z reguły wymaga zmiany procesów biznesowych lub technologii. Problem ten można zdefiniować jako:

Problem Technologiczny 3.2 Problem Dostosowania Produkcji do Uregulowań Prawnych i Norm

Problem Dostosowania Produkcji do Uregulowań Prawnych i Norm (*skrót PDPUPN*) zmierza do poszukiwania technik dostosowania określonej sfery działalności lub produktu do zdefiniowanych uwarunkowań i norm prawnych w określonym horyzoncie czasowym.

Problem ten występuje przede wszystkim na rynku unijnym i lokalnym, gdzie uregulowania proekologiczne, są pewnym determinantem funkcjonalnym produktów wprowadzanych na rynek. Wdrożenie oraz dostosowanie do nowych uwarunkowań prawnych, bądź norm, wymaga stworzenia zrównoważonej strategii osiągnięcia zamierzonych celów w ściśle określonym horyzoncie czasowym. W tym kontekście, wymaga się wskazania obiektywnie identyfikowanych scenariuszy działań, np. pozwalających na uzyskanie 10% udziału produkcji energii ze źródeł odnawialnych w ciągu dekady. Na tej podstawie dokonuje się właściwej analizy, której efektem jest wybór optymalnej decyzji ze względu na istotne kryteria decydentów, np. kosztowe (najtańsze rozwiązanie), czasowe (osiągnięcie pożądaných parametrów zgodnie z harmonogramem), czy też związanych z kryteriami jakościowymi (np. oferowanie produktu spełniającego zdefiniowane wartości norm środowiskowych).

Problem DPUPN można rozwiązać przez:

- a) modelowanie ewolucji technologii wykorzystywanych przez dany podmiot, w tym zwłaszcza technologii produktowych i procesowych, w kontekście dostosowania produkcji do norm i przepisów prawnych,
- b) monitorowanie technologii oferowanych przez inne podmioty, celem aktywnego użytkowania narzędzi TT,
- c) aktywne użytkowanie narzędzi transferu technologii, celem ograniczenia różnego typu ryzyka,
- d) prognozowanie zapotrzebowania na technologie i produkty uwzględniające współczesne trendy społeczne, ekonomiczne, ekologiczne i polityczne,
- e) optymalizacja czasowa wdrażania technologii produktowych i procesowych, zgodnych z harmonogramem
- f) obserwacja otoczenia PEST lub STEEP, celem modelowania obecnych i przyszłych istotnych zdarzeń wpływających na portfele produktów.

Wiele podmiotów aktywnie użytkujących i rozwijających technologie staje przed zdefiniowaniem i zaplanowaniem strategii badawczo-rozwojowej. Działania tego typu opierają się głównie o wewnętrzne działy rozwojowe. Współcześnie istnieje jednak trend tzw. otwartej innowacji, tj. opracowanie rozwiązań technologicznych przez kilka współpracujących między sobą podmiotów. Problem ten można zdefiniować jako:

Problem Technologiczny 3.3 Problem Wyboru Strategii Naukowo-Badawczej

Problem Wyboru Strategii Naukowo-Badawczej (*skrót WSNB*) można określić jako poszukiwanie metod planowania strategii naukowo-badawczej przez konstrukcję planu strategicznego wraz z operacyjnym.

Problem ten dotyczy głównie podmiotów sfery badawczo-rozwojowej oraz naukowej. Ma też swoje zastosowanie w przypadku wszystkich podmiotów zainteresowanych prowadzeniem własnej polityki badawczo-rozwojowej. Dostosowanie prowadzonych badań powinno być powiązane z aktualnymi i przyszłymi uwarunkowaniami otoczenia, poszukiwaniem możliwości finansowania badań własnych, synchronizacją działań z obecnymi trendami rynkowymi i użytkowymi. Odpowiednie kreowanie strategii przez kształtowanie portfela badań powinno dać wymierne efekty funkcjonowania tych instytucji. Rozwiązanie problemu WSNB może zostać zrealizowane przez:

- a) modelowanie ewolucji technologii, w tym głównie technologii produktowych i procesowych, a tym samym poszukiwanie obszarów słabych merytorycznie wymagających realizacji badań,
- b) identyfikację istotnych obszarów badawczych przez prognozowanie zapotrzebowania na technologie i produkty uwzględniające współczesne trendy społeczne, ekonomiczne i polityczne,
- c) kreowanie strategii badawczo-rozwojowej przy wsparciu narzędzi transferu technologii,
- d) poszukiwanie metod finansowania działalności badawczej przez aktywne pozyskiwanie funduszy, głównie UE.

Współczesnym trendem analizy strategicznej i operacyjnej staje się opracowanie wizji funkcjonowania organizacji zmierzający do zwiększenia dynamiki obrotu technologiami, tak by móc osiągnąć zdefiniowane cele, np. koszt funkcjonowania. Zagadnienie to nosi nazwę problemu aktywnej absorpcji i dyfuzji technologii.

Problem Technologiczny 3.4 Problemu aktywnej absorpcji i dyfuzji technologii

Problemu aktywnej absorpcji i dyfuzji technologii (ang. *Active Absorption and Diffusion Technology Problem*, skrót AADTP) można określić jako poszukiwanie metod i narzędzi pozwalających na aktywne użytkowanie technologii w działalności danej organizacji oraz ich umiejętne zastosowanie celem polepszenia zdefiniowanych miar ilościowych lub jakościowych.

Problem Technologiczny 3.4 jest obligatoryjnie obecny w zagadnieniach Problem Technologiczny 3.1-3.3. Każdy z tych problemów w procesie decyzyjnym wymaga identyfikacji choć jednej strategii polegającej na pozyskaniu technologii przez narzędzia transferu technologii. Odnosi się do całego produktu lub jego części składowych. Zatem problem ten dedykowany jest wszystkim podmiotom zainteresowanym zmniejszeniem ciężaru wynikającego z opracowania nowych technologii. Aktywne nabycie, współdzielenie i zbywanie praw IP staje się wymagalną czynnością dla organizacji funkcjonujących na konkurencyjnym rynku. Stwierdzenie to ma swoje szczególne uzasadnienie dla firm wysokich technologii, w tym zajmujących się technologiami informatycznymi.

Głównym założeniem rozwiązania tego problemu jest integrowanie wszystkich działań zmierzających do budowy strategii produktowej na rynku z wykorzystaniem większego zaangażowania w działalność operacyjną procesów związanych z obrotem IP. Działania TT nie należy interpretować wyłącznie jako elementu planowania B&R podobnie jak to przedstawiono, między innymi w pracach [231], [232], [55]. Transfer technologii powinien stanowić element budowy kompleksowej strategii Technologicznej wkomponowanej w działalność operacyjną podmiotu we wszystkich sferach aktywności.

Budowa strategii technologicznej z wykorzystaniem metody typu AADTP sprowadza się do umiejętnego i racjonalnego zarządzania technologiami (także dostępem przez metody transferu technologii) celem osiągnięcia zdefiniowanych celów strategicznych, organizacyjnych, produktowych lub technologicznych. Cały proces jest realizowany zgodnie z posiadaną wiedzą oraz dostępem do zasobów. Finalnie, decydent otrzymuje rezultat w formie strategii lub plan operacyjny wypracowany jako efekt synergii: determinowanej pozycji innowacyjnej, strategii biznesowej oraz czynnika technologicznego. Czynniki technologiczne stanowią element stymulowania działalności innowacyjnej oraz kreatywności podmiotu, przy racjonalizowaniu ryzyka działalności operacyjnej (np. Petric i Echols [37]). By spotęgować efekt synergii wymagana jest fuzja tej techniki planowania strategicznego z metodami foresightu jako czynnika wspomagającego kreowanie przyszłych

zachowań. W tym kontekście można odnieść się do pozytywnych rezultatów implementacji foresightu wraz z RM jakie wywierają one na proces planowania technologicznego, które można znaleźć między innymi w pracach Pukocz i in. [233], Firat i in. [59], Barker i Smith [54] oraz Probert i in. [58].

Powyższe identyfikowane problemy stanowią zarazem potencjalne scenariusze użytkowania metody opracowanej w rozprawie. Zaproponowane w kolejnych rozdziałach rozwiązanie pozwoli na opracowanie elastycznej metody implementacji narzędzi transferu technologii do działalności wielu różnych podmiotów, które mogą charakteryzować się odmienną specyfikacją działalności.

W rozdziale dokonano identyfikacji podstawowych problemów technologicznych (Problem Technologiczny 3.1-3.5). Bazując na identyfikacji kluczowych obszarów problemowych konstrukcji systemu wspomagania decyzji w transferze technologii obecnych w rozdziale pierwszym możliwe staje się wstępne wyspecyfikowanie rozwiązania wskazanych tam problemów implementacyjnych.

3.2 Dyskusja dostępnych modeli oraz narzędzi planowania strategicznego i operacyjnego opartych o roadmapping technologiczny

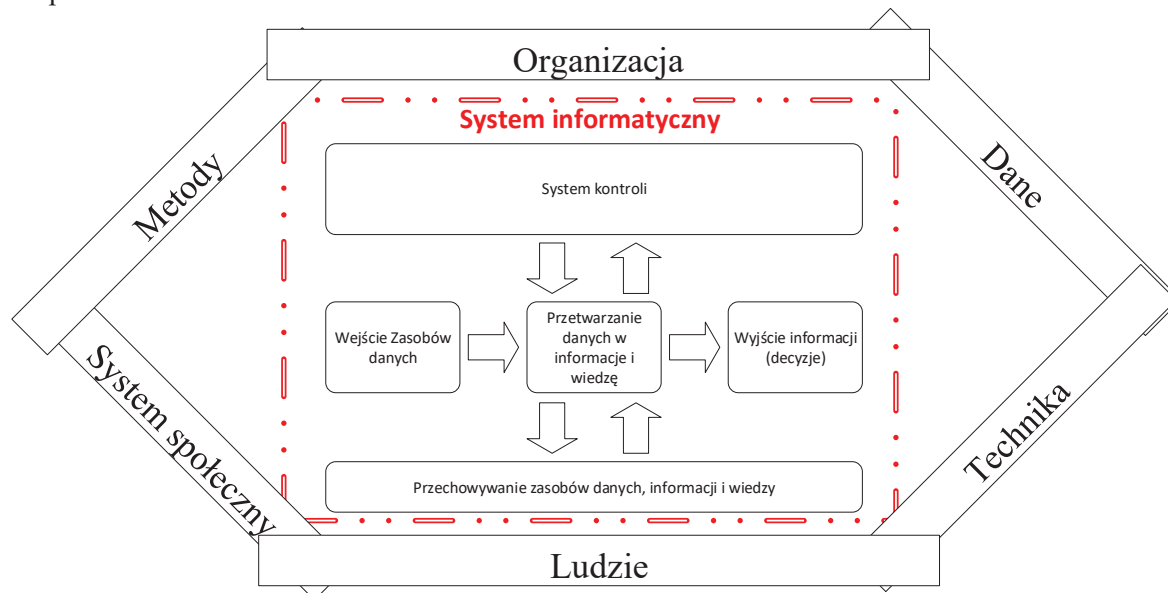
Planowanie strategiczne wraz z opracowaniem planu operacyjnego zawsze jest objęte funkcjonowaniem systemu informacyjnego (ang. Information System, skrót *SIn*). *SIn* definiuje się jako system społeczny (ang. *uman activity system*, Steinmuller [234]), który jest współtworzony przez następujące elementy: dane, metody, technika (wykorzystywana technologia, w tym wyposażenie techniczne), organizacja, ludzie. Często system informacyjny w wielu organizacjach jest już poprawnie wdrożony w różnym zakresie, który może pełnić funkcję SWD. Specyfikacja tego *SIn* zależy od: samego podmiotu, dojrzałości rynkowej, konkurencyjności rynku, otoczenia prawnego, wsparcia instytucji pro-innowacyjnych i wielu innych czynników. Implementacja Problem Technologiczny 3.1-3.5 wymusza reorganizację systemu informacyjnego z uwagi na konieczność wdrożenia podejścia technologiczno-centryczne do funkcjonowania organizacji dla branż wysokich technologii. Wdrożenie *SIn* w oparciu o klasyczny roadmapping technologiczny przynosi wiele korzyści. Staje się narzędziem planowania i patrzenia daleko w przyszłość technologiczną.

System informatyczny (skrót *IS*, [226]) nie może być synonimem systemu informacyjnego, gdyż jest on elementem sztucznym, inaczej artefaktem. Rozwiązanie to bazuje na elementach technicznych i służy do wykonywania pewnego podzbioru funkcji spośród ogółu, jakie oczekuje się od *SIn*. Często *IS* ten jest postrzegany przez pryzmat następujących czynników: zespołu środków technicznych, zasobów i struktury procesów (logika) służących do gromadzenia, przechowywania i przetwarzania informacji. Umieszczenie kompetencyjne systemu informatycznego w strukturze *SIn* przedstawia Rys. 3.1.

System wspomagania decyzji konstruowany w rozprawie stanowi system informatyczny realizujący funkcje decyzyjne. Będzie on składał się z czterech podstawowych funkcjonalnych bloków: źródeł danych i informacji (wraz z metodami ich pozyskiwania), metod przetwarzania (procesy/kontrola), metod zarządzania wiedzą (przechowywanie i współdzielenie wiedzy) oraz wyjściem przetworzonej wiedzy (decyzje/plany). Wskazany rozkład funkcjonalny powiela skomputeryzowanie pewnych obszarów systemu informacyjnego opartego o roadmapping technologiczny. Ponadto zbiór tych powiązanych ze sobą elementów, które muszą być agregowane funkcjonalnie w celu przetwarzania danych i informacji przy użyciu techniki komputerowej. Na system ten będą składać się takie elementy jak: zasoby ludzkie, elementy organizacyjne oraz elementy informacyjne, sprzęt, oprogramowanie. Zadaniem systemu informatycznego jest zatem angażowanie wielu elementów w celu prawidłowej realizacji procesu decyzyjnego jako całości.

Odwołując się do tezy oraz celów rozprawy, jej przedmiotem jest wsparcie procesu transferu technologii w różnego rodzaju podmiotach. Ten proces powinien odbywać się przez wzmocnienie kompetencji tych organizacji w następujących obszarach problemowych: akwizycja, wdrożenie oraz dyfuzja technologii. Oznacza to, że projektowany system informatyczny powinien w możliwie jak najszerszym zakresie objąć swoim funkcjonowaniem *SIn* wdrożony na podstawie implementacji roadmappingu w danym podmiocie. System ten nie tylko powinien uwzględniać procesy SWD, lecz powinien także obejmować mechanizmy dookólnych tego procesów zmierzających do logistycznego

koordynowania procesu decyzyjnego na każdym z jego etapów. Kompleksowa realizacja procesu może zapewnić lepsze wykorzystanie dostępnych zasobów, konstrukcje lepszych jakościowo modeli środowiskowych, a finalnie efektywniejsze podejmowanie decyzji. Identyfikacja metody kompleksowego prowadzenia procesu decyzyjnego powinna logistycznie wspomóc decydenta w takich obszarach kompetencyjnych, jak: efektywna akwizycja informacji, danych i wiedzy; poprawna identyfikacja systemu, czy budowa adekwatnych modeli decyzyjnych opartych o pracę ekspertów.



Rys. 3.1 System informacyjny realizujący proces decyzyjny bazujący na metodzie roadmappingu.
Źródło: Opracowanie własne, na podstawie [234].

Farrukh i in. [204, 232] zwraca uwagę na aspekt cząstkowej porażki kompetencyjnej standardowych metod planowania wdrażanych w podmiotach gospodarczych, które intensywnie użytkują IP. Organizacje te wymagają zastosowania podejścia zintegrowanego, w sensie zarządzania operacyjnego oraz planowania strategicznego. Dotyczy to również kwestii aktywnego modelowania ewolucji oraz predykcji zachowania SI. Phaal i inni ([235], [199]) potwierdzają wysoką elastyczność metody RM oraz otwartość tego procesu na różnego rodzaju modyfikacje. Właściwe staje się stosowanie metody roadmappingu przy jej możliwej modyfikacji dla zagadnień, gdzie transfer technologii jest geocentrycznym elementem. Właściwe użytkowanie metody warunkowane jest jednak przez elastyczność, utylitarny charakter metody oraz posiadany kapitał kompetencyjny. Szybki transfer kompetencji pomiędzy partnerami użytkującymi metodę, jest możliwy wyłącznie przez zastosowanie odpowiednich systemów informatycznych ukierunkowanych na utrzymywanie jednakowych standardów.

Gerdsri i Vatananan [197] wskazują, że RM jest głównie narzędziem budowy strategii technologicznej (podobnie do Gehani [195]). Z drugiej jednak strony, (zgodnie z tezami Walsh [47]) RM może dodatkowo pełnić ważny element procesu szybkiej komercjalizacji innowacji. Świadome użytkowanie RM będzie zatem stanowiło idealne narzędzie aktywnego wykorzystywania transferu technologii. Efekt ten możliwy jest do osiągnięcia dzięki wkomponowaniu elementów TT do planu strategicznego oraz planu operacyjnego lub taktycznego.

W kontekście niniejsze rozprawy praktyczne problemy przedstawione w poprzednim punkcie: Problem Technologiczny 3.1-3.5 można uszczegółowić do nowej klasy problemów technologicznych tzw. problemów absorpcji i dyfuzji technologii z aktywnym wykorzystaniem metod transferu technologii (Pukocz i in. [61, 62, 76]). Problem absorpcji i dyfuzji technologii można określić jako proces poszukiwania metod i technik (w tym transferu technologii) pozwalający na aktywne działania związane z nabywaniem i dyfuzją technologii w konkurencyjnej gospodarce, które są przedmiotem opracowania planu technologicznego lub operacyjnego dla zdefiniowanego obszaru funkcjonowania podmiotu.

Budowa strategii technologicznej w metodzie AADTP sprowadza się do umiejętnego i racjonalnego zarządzania technologiami zgodnie z posiadaną wiedzą oraz dostępem do zasobów. Pozyskiwanie i dyfuzja technologii są możliwe dzięki wykorzystaniu metod transferu technologii. Finalnie, decydent otrzymuje rezultat w formie strategii wypracowanej jako efekt synergii: determinowanej pozycji innowacyjnej, strategii biznesowej oraz czynnika technologicznego. Czynniki technologiczne stanowią element stymulowania działalności innowacyjnej oraz kreatywności podmiotu, przy racjonalizowaniu ryzyka działalności operacyjnej (np. Petric i Echols [37]). By spotęgować efekt synergii wymagana jest fuzja tej techniki planowania strategicznego z metodami foresightu jako czynnika wspomagającego kreowanie przyszłych zachowań (Pukocz i in. [233]).

Proces modelowania przyszłości jest jednym z kluczowych elementów budowania planu strategicznego. Podejmowanie decyzji strategicznych w większości nowoczesnych organizacji opiera się na analizie: trendów i scenariuszy, bilansu strategicznego przedsiębiorstwa, kluczowych czynników sukcesu, łańcucha wartości, cyklu życia produktu i technologii, metody portfelowej, oceny pozycji strategicznej przedsiębiorstwa, SWOT/SWOTC, PEST/PEEST, definicji wariantów i decyzji strategicznych, profilu ekonomicznego sektora. Wymienione powyżej techniki stanowią najczęściej stosowane metody planowania strategicznego. Dobór wskazanych narzędzi winien być poprzedzony rzeczową analizą uwarunkowań środowiskowych organizacji oraz badaniem preferencji decydentów, jak i celowością tworzonej strategii. Powyższe metody wspomagane pracą zespołów eksperckich mogą generować pewien obraz organizacji użyteczny do celów decyzyjnych oraz stanowić podstawę budowy DM.

Brak praktycznych i powszechnie akceptowanych metod wspomagania podejmowania decyzji dostosowanych do specyfiki Transferu Technologii. Celem bezpośrednim takich metod powinno być [74], [76]:

- pozyskiwanie, gromadzenie i przetwarzanie wiedzy o czynnikach otoczenia (gospodarczego, społecznego, naukowo-technicznego itp.), organizacja i opracowywanie na tej podstawie modeli ilościowych i jakościowych,
- badanie wzajemnych zależności czynników otoczenia organizacji w tym identyfikacja ich dynamiki na podstawie wcześniejszych obserwacji,
- klasyfikacja czynników sprawczych procesów zachodzących w otoczeniu umożliwiającą określenie przyszłych sposobności podejmowania decyzji, ich wpływu na otoczenie oraz holistycznego modelu ich konsekwencji,
- tworzenie wizji przyszłości (prognozy, trendy, scenariusze) ogólnych - organizacji i jej otoczenia, ze szczególnym uwzględnieniem kwestii produktowych i technologicznych.

Celem długofalowym jest opracowanie reguł podejmowania decyzji optymalizujących istotne dla organizacji kryteria jakości. W zależności od sformułowania problemu decyzyjnego reguły te mogą mieć postać planu strategicznego, listy priorytetów lub planu operacyjnego lub taktycznego związanego z konkretną technologią czy produktem. Plan ten musi koniecznie zawierać elementy transferu technologii. Powyższe kompetencje powinny zostać implementowane w sposób w miarę kompleksowy w projektowanym systemie informatycznym.

Jednym z istotnych zadań procesu decyzyjnego jest zbieranie, przetwarzanie danych, informacji i wiedzy na potrzeby szeroko rozumianego podejmowania decyzji. Znaczenie jakościowe informacji w działalności operacyjnej ma swoje potwierdzenie, między innymi w pracach: Koźmińskiego i Piotrowski [236], Oleńskiego [237], czy Griffina [238]. Wsparcie kompetencyjne procesu decyzyjnego na poziomie proceduralnym gwarantuje użytkowanie metody roadmappingu. Jest to metoda dojrzała z punktu widzenia informacyjnego. Pozwala na pełniejsze gromadzenie informacji i wiedzy, a tym samym na podniesienie efektywności podejmowanych decyzji, a procedury podejmowania decyzji są wystarczające do wsparcia organizacji. W takiej formie cały proces jest powolny i wymaga dużych nakładów. Istniejące systemy informatyczne realizujące implementującą tę metodę mają wiele braków i wspierają proces decyzyjny w pewnych ograniczonych obszarach kompetencyjnych. Przykładowo uzyskuje się dostęp do informacji niepełnej oraz niepewnej, utrudniając budowanie adekwatnych modeli decyzyjnych. Proponowana architektura systemu powinna uwzględniać dewaluację informacji w czasie oraz zapewnić dostęp do jak największej ilości dobrych jakościowo źródeł informacji. Przetwarzanie informacji i wiedzy w systemie decyzyjnym

powinno wspomagać prawidłową projekcję scenariuszy rozwoju socjologicznego, ekonomicznego, technologicznego, politycznego oraz operacyjnego opartego na wielopunktowych prognozach.

Aktywnie wykorzystując wszystkie dostępne źródła informacji w drodze dynamicznej syntezy możliwe staje się uzyskanie spójnego modelu opisu zjawisk technologicznych. Model ten często jest utożsamiany z całym procesem, jak i efektem w postaci opracowania roadmappingowego diagramu roboczego. Realizacja procesu budowy DRM została przedstawiona szczegółowo w rozdziale pierwszym, częściowo w trzecim lub w pracach [76], [75] oraz wielu innych.

Wynik realizacji II fazy procesu roadmappingu związany z planowaniem strategicznym w kontekście TT stanowi zespół informacji i wiedzy, jaki można utożsamiać z diagramem roadmappingowy. DRM zawierający szczegóły planu działań wraz z rekomendacjami ekspertów. Analityka samego modelu powinna zostać oparta o metody sterowania optymalnego, wielokryterialną optymalizację oraz SZD, gdzie powinny zostać optymalizowane istotne kryteria przedsiębiorcy. Osiągnięcie wielu celów modeluje się przez zdefiniowanie ich hierarchii, a następnie poszukiwanie rozwiązań optymalnych zgodnie z dynamicznym rankingowaniem priorytetów. Priorytety te mogą być związane z: parametrami jakościowymi misji organizacji, dostępnych zasobów czy uwarunkowań zewnętrznych. Ocena realizacji celów dokonywana jest *ex-ante* metodami optymalizacji wielokryterialnej z dodatkowym uwzględnieniem kryteriów ekonomicznych i z wiązanych z miarami ryzyka. Weryfikacja całego modelu jest dokonywana *ex-ante*, poprzez testowanie istotności wszystkich obiektów włączonych do diagramu oraz w trakcie procesu roadmappingowego – za pomocą testów istotności elementów (obiektów lub relacji) identyfikowanych w trakcie analizy diagramu. Finalnie, system wizualizuje otrzymane rezultaty decyzyjnym, które mogą również służyć dokonaniu korekt i poprawek. Zatwierdzony plan jest następnie kierowany do wdrożenia.

Wielu badaczy zauważa zasadnicze braki w dostępnych współcześnie modelach kompetencyjnego wsparcia procesu roadmappingu technologicznego. Ma to swoje szczególne uzasadnienie w obszarze planowania strategicznego z wykorzystaniem metod transferu technologii dla technologii informatycznych. Kompleksowe systemy informatyczne budowane w celu wspomaganie tego procesu decyzyjnego w sposób kompleksowy są traktowane niszowo. Ten stan rzeczy może wynikać głównie ze względu na wiele problemów merytorycznych i technicznych. Często systemy informatyczne wspierają kompetencyjnie jedynie drobny obszar wdrażania metody roadmappingu technologicznego. Szerzej o tej problematyce wypowiedziano się w rozdziale trzecim.

Przykładowo w tym kontekście: Phaal i in. [205] wspomina o konieczności stosowania dedykowanego oprogramowania celem wspomaganie tworzenia diagramów MD, a z kolei Petrick i Guzman (Petrick and Guzman 2003) sugeruje natychmiastową konieczność rozszerzania tych systemów o technologie internetowe. Istnieją wprawdzie rozwiązania komercyjne takie, jak: VisionMap (tworzenie diagramów DeGregoria [50]), The Conzilla tool (diagramy użytkowane przez Phaal i in. [239],[204]) oraz wiele innych. Główną grupę narzędzi użytkowanych współcześnie stanowi dedykowane oprogramowanie służące do konstrukcji diagramów DRM z elementami pracy grupowej. Te elementy można zauważyć w pracach między innymi Fararucht i in. [55], Fleischer i in. [228], Tang [229], Bicking i Wimmer [27]. Jednak w przekonaniu wielu użytkowników, nie są wystarczającym rozwiązaniem do implementacji metody RM.

Koncepcja planowania strategicznego wykorzystująca roadmapping, jako stały komponent decyzyjny jest bardzo rozpowszechniona w dużych organizacjach działających komercyjnie oraz w instytucjach naukowo-badawczych. Użytkowanie wskazanego narzędzia do celów Transferu Technologii, stanowi naturalne rozszerzenie metody. Zgodnie z wywodem rozdziału trzeciego, pewną przeszkodą w użytkowaniu RM, są problemy rzeczywistego braku technik pozwalających na większe zaangażowanie systemów informatycznych w tej dziedzinie, niż na to pozwala rzeczywisty postęp naukowy. Kluczowym zadaniem wydaje się wzbogacenie metody RM o dedykowane algorytmy analityczne wspomagające proces podejmowania decyzji oraz finalnie usprawniające opracowanie planu strategicznego. Jedną z konkluzji rozdziału trzeciego była wizja platformy informatycznej, która może być kreowana elastycznie przez dynamiczne użytkowanie różnych komponentów funkcjonalnych (zbieżnie z typami/kategoriami SWD) bezpośrednio

wspierających proces decyzyjny. Powyższą tezę potwierdza między innymi analiza funkcjonalna i użytkowa współcześnie dostępnych systemów zawartych w Dodatek 0.3.

Mając na uwadze powyższe wytyczne oraz dokonując dyskusji potencjalnych rozwiązań na temat implementacji roadmappingu technologicznego (Rozdział drugi) wynika, że lepsze rezultaty można uzyskać poprzez stosowanie architektury hybrydowej systemu informatycznego. Odpowiednie stosowanie różnych, a zarazem komplementarnych, wzorców systemu wspomagania decyzji na każdym z etapów przetwarzania informacji ma swoje uzasadnienia szczególnie dla zagadnień transferu technologii. Przykładowo, klasyczny proces roadmappingu można przyrównać do użytkowania wzorców systemów communication-driven. Architektura ta korzysta ze wszystkich możliwości technicznych zapewniających odpowiednie skomunikowanie wszystkich zaangażowanych w proces stron. Podniesienie skuteczności tego procesu możliwe jest między innymi przez zastosowanie architektury model-driven (odpowiedni algorytm decyzyjny wspomagający podejmowanie decyzji) lub data-driven ułatwiający gromadzenie i wstępne przetworzenie informacji. Elastyczne angażowanie w proces decyzyjny różnych wzorców użytkowych tworząc architekturę hybrydową może przynieść wymierne korzyści dla decydenta.

W Rozdziale drugim dokonano przeglądu wszystkich architektur SWD oraz przeanalizowano ich funkcjonalności pod kątem możliwości zastosowania zgodnych z tematyką rozprawy. Równocześnie udokumentowano istniejący trend wzrostu zaangażowania tej klasy systemów w wielu obszarach działalności biznesowej. Przykłady potwierdzające wysoki utylitaryzm w tym zakresie pokazują prace Salmerona i Herrero [99], Jaeho i in. [127], Caldelli i Parmigiani [111], Zhang i in. [240] i wielu innych. Stosowanie SWD zgodnie z tematyką rozprawy, wymaga jednak opracowania nowych uniwersalnych metod dedykowanych problemowi transferu technologii. Należy zwrócić uwagę, że użytkowanie tej klasy systemów we wskazanym zagadnieniu wymusza dynamiczne konstruowanie SWD w zależności od aktualnych wymagań informacyjnych. Konstrukcja hybrydowego systemu wspomagania decyzji powinna korzystać ze wszystkich dostępnych wzorców, tj. data-driven, model-driven, knowledge-driven, communication-based. W tym względzie mowa jest o ewolucyjnym podejściu do funkcjonowania systemu, którego kierunki i tempo winny następować przy uwzględnieniu potrzeb podmiotu wdrażającego system oraz aktualnych potrzeb decyzyjnych. Powyższe modele SWD zostały już wystarczająco omówione

Klasyczny model funkcjonalny SWD postrzega system jako: statyczny architektonicznie, zdefiniowany zgodnie z intencją twórców, sztywnie dopasowany do indywidualnego zadania problemowego. W Rozdziale drugim zauważa się bogactwo wzorców użytkowania SWD. Na podstawie tych konkluzji postuluje się, by postrzegać konstrukcje SWD w kategoriach dynamicznej i ewoluującej architektury różnych wzorców z implementacją efektu synergii mającej jak najlepiej dopasować się do zagadnienia problemowego. Potęgowanie efektu synergii może nastąpić również przez ewolucję, tj. ukierunkowany na ciągłej modyfikacji konstrukcji wynikowego systemu, dostosowującego się dynamicznie do aktualnego problemu transferu technologii na każdym z etapów funkcjonowania. Identyfikacja struktury systemu jako elementu statycznego pozbawia rozwiązanie architektoniczne wymaganej elastyczności dla tej klasy problemów decyzyjnych.

Wobec powyższego, projekt systemu powinien zakładać architekturę modułową, pozwalającą na łatwe dekomponowanie kompetencyjne, dynamiczną reorganizację i kształtowanie funkcjonalności poszczególnych modułów oraz tym samym systemu w całym cyklu jego życia. Z punktu widzenia systemu informatycznego najlepsze rezultaty powinny zostać zapewnione przez wykorzystanie istniejących koncepcji architektonicznych SWD przedstawionych już w rozdziale drugim. Poszukiwanie najlepszych wzorców informacyjnych powinno być celem każdego z modułów. Z drugiej strony wyodrębnienie komponentów zgodnych z już istniejącymi standardami, pozwoli na realizację elastycznego rozwiązania SWD reagującego na potrzeby informacyjne, ewoluującego wraz z zagadnieniem problemowym oraz implementacją systemu.

W rozdziale pierwszym oraz drugim przedstawiono roadmapping technologiczny, jako jedną z metod planowania strategicznego stosowaną na przestrzeni wielu lat w różnych typach podmiotów z pozytywnym skutkiem. Każda organizacja niezależnie czy jest publiczną, prywatną lub non-profit wymaga formułowania strategii, która powinna charakteryzować się: prostotą, intuicyjnością, łatwością implementacji, kompletnością i przejrzystością dla osób zarządzających lub

podejmujących decyzje. Wkomponowanie w plan strategiczny działań związanych z transferem technologii stanowi kluczową kwestię szczególnie w kontekście problemu NPD-MP przedstawianego przez Skulimowski i Pukocz [76], [62], [61, 75]. RM jest metodą pozwalającą na generowanie skorelowanych wizji kształtowania się przedsięwzięcia w przyszłości z uwzględnieniem wpływu jego otoczenia. Wszystkie wskazane elementy muszą być powiązane z kilkoma poziomami operacyjnymi funkcjonowania organizacji symbolizowanych przez warstwy. W klasycznym RM efektem całego procesu jest DRM (ang. Roadmapping Diagram, skrót DRM), która stanowi model problemu decyzyjnego. Diagram roadmappingowy zawiera wizualizację wszystkich powiązań kausalnych pomiędzy identyfikowanymi systemami symbolizowanymi przez warstwy oraz obiekty, opis wszystkich elementów, timing. Na podstawie analizy DRM dokonuje się syntezy wiedzy o przyszłych zdarzeniach oraz sugerowanych decyzjach i ich konsekwencjach. Działanie to powoduje wyłonienie wizji kompromisowego planu strategicznego przedstawionego finalnie decydom. Duże obciążenia dla budżetu projektu może powodować klasyczna forma RM, z uwagi na: dostęp do odpowiednich kompetencji oraz zasobów w różnych obszarach dziedzinowych, poniesienia dużych kosztów organizacji logistycznej przedsięwzięcia, konieczność zaangażowania zasobów ludzkich, itp. Budowa rozwiązania informatycznego SWD, pozwalającego na współdzielenie wiedzy oraz modeli decyzyjnych (także na zasadach komercyjnych), może skutkować rozpowszechnieniem RM. Finalnie, model funkcjonowania aplikacji mógłby przyjąć formę usług outsourcingu dostarczanych przez różne instytucje otoczenia biznesu, wymiany wiedzy pomiędzy partnerami projektów innowacyjnych, czy nabycia dostępu do odpowiednich jej zasobów będących w posiadaniu innych instytucji pośredniczących, zbycie praw IP, itd. Powyższe formy wdrażania usług SWD przyczyniłyby się równocześnie do wzmocnienia kompetencji różnych podmiotów w obszarze transferu technologii oraz wymusiłyby aktywne użytkowanie wskazanych metod.

3.3 Propozycja rozwiązania problemów implementacyjnych oraz analiza wymagań

Proces planowania nakreślono w rozdziale pierwszym i drugim. W rozdziale pierwszym zdefiniowano główne obszary problemowe oraz założenie technologiczne i metodologiczne. Mając na uwadze powyższe, decydent oczekuje od systemu wspomagania decyzji kompletności pokrycia systemu informacyjnego obejmującego system decyzyjny organizacji w zdefiniowanym obszarze problemowym - transferu technologii. Powyższe przesłanki bezpośrednio wpływają na kształt finalnej architektury SWD oraz kreują oczekiwane wymagania systemu od strony technicznej oraz użytkownika.

W Rozdziale pierwszym, drugim przedstawiono przegląd potencjalnych metod budowy strategii i planowania operacyjnego. Zdaniem autora rozprawy, jedną szczególnie wyróżniającą się metodą - pod względem kompetencyjnym w kontekście tworzenia i dokumentowania planów strategicznych dla zagadnień technologicznych w pełnym spektrum - stanowi roadmapping. RM jest dojrzałą metodą planowania technologicznego pozwalającą na realizację kompleksowego procesu decyzyjnego. Metoda porządkuje logicznie proces podejmowania decyzji przez wyróżnienie jasno określonych faz realizacji prac, określenie wejść i wyjść z poszczególnych podprocesów, a także sposób osiągnięcia celu (planu strategicznego) i jego wdrożenia. Efektem wyjściowym ważnym dla decydenta jest model. W klasycznym podejściu takim modelem jest diagram roadmappingowy zawierająca propozycje strategii wraz z rekomendacjami dla decydentów, który w efekcie był przekształcany w spójny plan strategiczny.

Szczegółowe procedury tworzenia diagramów nie są upubliczniane i stanowią wewnętrzne know-how firm consultingowych oraz korporacji technologicznych. Te wypracowane podstawy kompetencyjne mogą służyć do wypracowania szczegółowych metod tworzenia modeli systemów technologicznych i finalnie podejmowania decyzji. Konieczne w tym względzie jest opracowanie własnych szczegółowych procedur planowania strategicznego w oparciu o metody roadmappingu pozwalające na wdrożenie narzędzi TT. Takie procedury zostaną opracowane. Autor rozprawy [76], [62], [61, 75], wielokrotnie wskazywał na przydatność wspomnianej metody do rozwiązywania zagadnień intensyfikujących użytkowanie technologii w działalności operacyjnej różnych

podmiotów. Mając powyższe na uwadze, zasadne staje się włączenie mechanizmów metody RM do proponowanego rozwiązania informatycznego.

Rezultat klasycznego roadmappingu stanowi diagram roadmappingowy wraz z rekomendacjami eksperckimi. Wymaga to przeprowadzenia szeregu paneli eksperckich lub użytkownika metod komputerowych wspomagających interakcje pomiędzy ekspertami. Wspomniane podejście było wielokrotnie akcentowane jako poprawne w pracach Phaala i in. [44], Ioannoua i in. [41] i innych. Przedstawione przez autorów rozwiązania mogą być kompleksowo objęte działaniem systemu informatycznego. W niniejszej rozprawie będzie proponowane odmienne podejście - tzw. hybrydowe. Integracja wielu dostępnych technik informatycznych oraz organizacyjnych ma za zadanie wspomóc efektywnie proces podejmowania decyzji. Pojawia się również możliwość rozszerzenia procesu o nowe elementy dotąd niedostępne w systemach tego typu. Pewnym novum jest możliwość wyposażenia SWD w metody analityczne wspomagające konstrukcję oraz analizę diagramu roadmappingowego, co może ułatwić opracowanie kompromisowego rozwiązania satysfakcjonującego decydentów.

Bazując na pytaniach badawczych oraz tezie obecnych w Rozdziale pierwszym można postawić szereg hipotez szczegółowych. Hipotezy te pozwalają na przejrzysty podział ogólnego problemu projektowego na logiczne i spójne fragmenty, które na kolejnym etapie wymagają weryfikacji. Przedstawione hipotezy będą dotyczyć bezpośrednio sposobu rozwiązania problemów projektowych, które będą dalej rozwinięte szczegółowo w kolejnym rozdziale.

Hipoteza szczegółowa I

Dedykowana implementacja roadmappingu technologicznego, stanowi narzędzie wspomagania decyzji dopasowane do realiów aktywnego użytkownika metod TT pod względem logistycznym i funkcjonalnym.

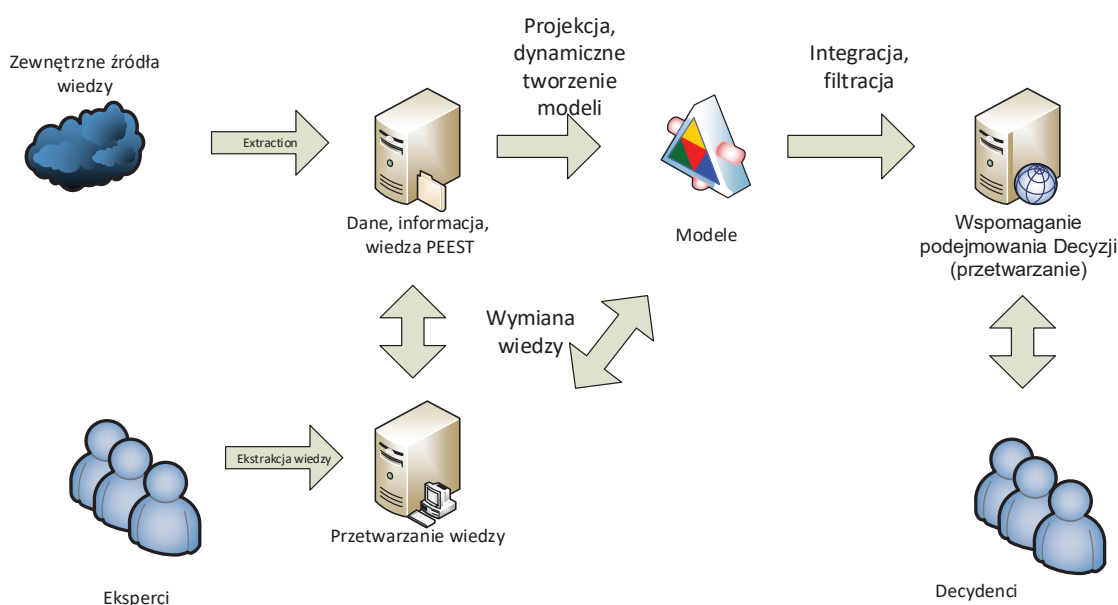
W pracach autora rozprawy z powodzeniem stosowano metody roadmappingu w zagadnieniach NPD-MP, DPUPN, WSNB. Warto przytoczyć choćby takie wdrożenia, jak: „Studium gospodarki paliwami i energią dla celów opracowania foresightu energetycznego dla Polski na lata 2005–2030”, SPO-WKP, Poddziałanie 1.4.5 Projekt: „Scenariusze rozwoju technologicznego w kompleksie paliwowo-energetycznym dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju”, „Badania tendencji rozwojowych technologii produktowych i procesowych. Metody planowania strategicznego” Projekt badawczy PW-004/ITE/01/2006 [241].

RM pozwala na elastyczne dostosowanie procesu decyzyjnego do szerokiego spektrum problemów technologicznych identyfikowanych w wielu różnych obszarach działalności gospodarczej. Szkielet metody RM może być wdrażana jako komplementarny element innych narzędzi zarządzania jakością i może stanowić stały element procesu decyzyjnego. Na temat samego procesu RM wypowiedziano się już obszernie w rozdziale pierwszym. Budowa zintegrowanej wizji w oparciu o fuzję wszystkich wymienionych elementów pozwala na szersze i bardziej śmiało spojrzenie w przyszłość, niż w przypadku metod wyłącznie bazujących na wiedzy formalnej.

Rozwiązanie problemu AADTP w oparciu o techniki RM pozwala na możliwość kreowania planu strategicznego w oparciu o wizję przyszłości pozyskaną przez fuzję wielu metod kreatywnych. Różnorodność skali i tematyki potencjalnych zastosowań roadmappingu obecnego w literaturze wpływa na brak wypracowania jednolitego ujęcia metodycznego implementacji roadmappingu. Istnieje wiele wariantów tej metodologii. Różnią się one pomiędzy sobą: ilością i rodzajem warstw, ilością analizowanych czynników, rodzajem rozważanych związków czasowych i kauzalnych, horyzontem czasowych decyzji zależnie od dziedziny problemu, celu analiz czy grupy docelowej. Wypracowaną metodę rozwiązania problemu AADTP należy traktować jako pewien schemat postępowania, który można w elastyczny sposób wdrożyć w różnych typach podmiotów.

Roadmapping typu AADTP pełni funkcję:

- 1) logistyczną:
 - wsparcia organizacyjnego procesu podejmowania decyzji,
 - zarządzania procesem,
 - monitorowanie i reorganizacja procesu.
- 2) techniczną:
 - a) elementem integracji heterogenicznej wiedzy na cele analityczne,
 - b) narzędziem modelowania zjawisk technologicznych – DRM ,
 - c) adaptacyjnego planowania strategicznego przez stosowanie dedykowanych metod dynamicznej wielokryterialnej optymalizacji,
 - d) wspomagania podejmowania decyzji poprzez odpowiednią strukturyzację wiedzy analizowanego problemu ułatwiającego osiągnięcie kompromisu
 - e) monitorowanie i adaptację procesów.
 - f)



Rys. 3.2 Schemat obiegu informacji w systemie zgodnym z metodą roadmappingu technologicznego.
Źródło: Opracowanie własne, na podstawie [75].

Roadmapping należy do metod aktywnie korzystających w procesie decyzyjnym z diagramu RM. Diagram stanowi narzędzie modelowania i wizualizacji modelu środowiskowego podmiotu. DM zawiera wszystkie istotne obiekty identyfikowane wraz z ich dynamiką oraz powiązaniami z innymi elementami na warstwach. Procedura uzupełniania diagramu przewiduje import istniejącej wiedzy zgromadzonej w systemach informatycznych oraz możliwość uzupełniania identyfikowanych luk z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej. Ekspertci uzupełniają diagram o obiekty znajdujące się na warstwach oznaczające przeszłe, obecne i przyszłe scenariusze zachowania systemu. Wykorzystują w tym celu fuzję własnej wiedzy z tą pozyskaną z zewnętrznych źródeł. Użytkowanie diagramu na cele decyzyjne ma charakter głównie narzędziowy. Stanowi element akwizycji wiedzy, jej integracji, a finalnie służy decydentowi do prezentacji planu strategicznego oraz wizualizacji konsekwencji jego wdrożenia. Autor wielokrotnie wprowadzał własną implementację roadmappingu, np. [74], [20], [77], [61, 75]. Poglądowy schemat architektoniczny takiego podstawowego wdrożenia przedstawiono na Rys. 3.2.

Mając na uwadze RM, zakres przedmiotowy powinien przewidywać realizację następujących funkcjonalności systemu: wizualizacja diagramu RM, metody interakcyjnej akwizycji wiedzy

eksperckiej, wizualizacja konsekwencji podejmowania decyzji, prezentacja elementów planu strategicznego, plan wdrożenia opracowanej strategii oraz plany operacyjnego lub taktycznego.

Proponowane w rozprawie podejście metodyczne zakłada wykorzystanie roadmappingu jako metody pozyskania oraz integracji wiedzy o otoczeniu ekonomicznym, technologicznym, społecznym oraz polityczno-prawnym. Jednoczesne pozyskanie formalnej oraz nieformalnej wiedzy eksperckiej oraz menedżerskiej (zespołowej) stanowi podstawę fuzji wiedzy na potrzeby decyzyjne. Zasadne staje się postawienie następujących hipotez:

Hipoteza szczegółowa II

Proces wspomagania decyzji wymaga użytkowania dedykowanych metod zarządzania wiedzą opartych na współdzieleniu heterogenicznych zasobów wśród wszystkich interesariuszy.

Hipoteza szczegółowa III

Proces wspomagania decyzji wymaga użytkowania dedykowanych metod akwizycji i przetwarzania informacji za pomocą systemów informatycznych celem wsparcia procesu decyzyjnego.

Dodatkowym strumieniem wiedzy wymagającym pozyskania (także przetworzenia) stanowią metody znane z metodologii foresightu, takie jak: ankiety delfickie, panele eksperckie, analiza skojarzeń (tzw. „burze mózgów”) itp. Wynika to głównie z faktu, że stosowanie foresightu umożliwia szersze i bardziej śmiałe spojrzenie w przyszłość, niż w przypadku metod bazujących wyłącznie na wiedzy formalnej. Budowa synergii pomiędzy wspomnianymi źródłami wiedzy jest kluczowym czynnikiem dla zrozumienia zagadnienia problemowego. Elementy te skumulowane razem warunkują poprawne podejmowanie decyzji. Stosowanie wskazanego podejścia wsparcia kompetencyjnego wszystkich interesariuszy powinno odciążyć decydenta od manualnego (wolnego) pozyskiwania wiedzy na rzecz rozwiązań automatycznej, bądź półautomatycznych akwizycji oraz przetwarzania wiedzy. Współcześnie, do realizacji wskazanych celów w środowiskach rozproszonych korzysta się z rozwiązań agentowych bądź specjalnie dedykowanych botów lub web crawlerów automatyzujących procesy akwizycji danych i informacji.

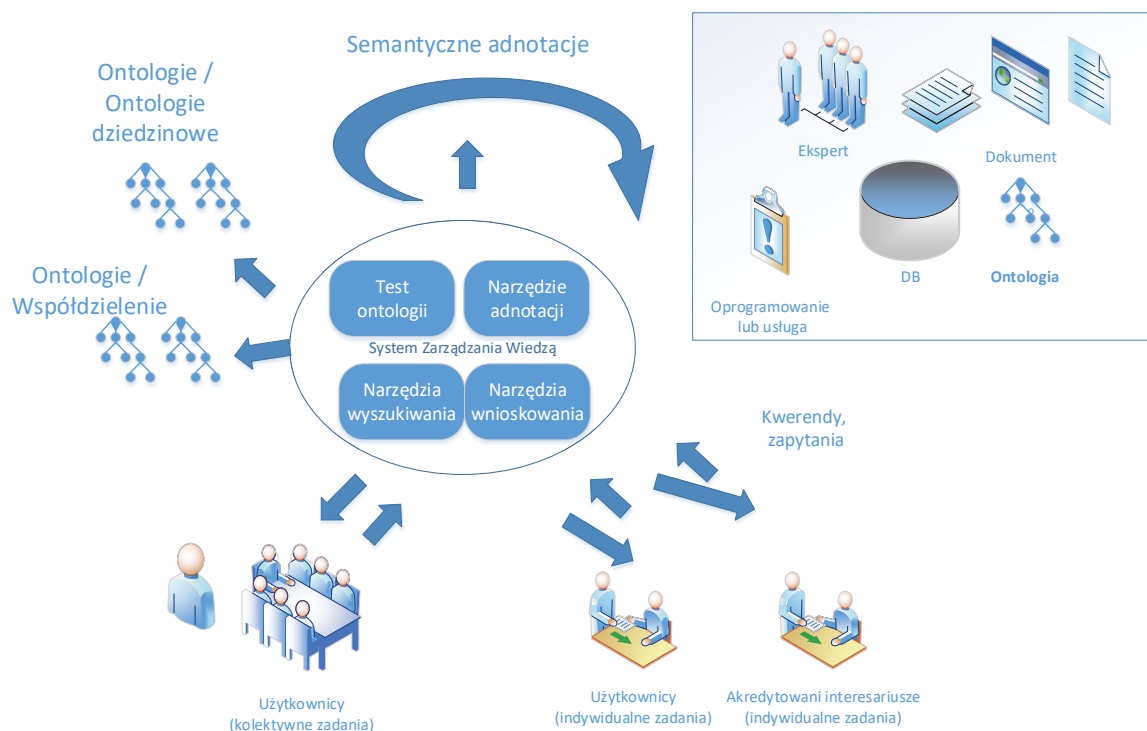
Inną ważną cechą szczególną opisywanego podejścia jest jednoczesne wykorzystanie formalnej oraz niesformalizowanej wiedzy eksperckiej oraz menedżerskiej. Możliwe stosowanie moderowanej fuzji wielu metod planowania strategicznego oraz metodyk foresightu ukierunkowane na osiągnięcie jak najlepszych rezultatów identyfikacji oraz modelowania systemu. Fuzja wiedzy pozwala na integrację informacji z takich źródeł, jak:

- Bazujące na opinii ekspertów: ankiety delfickie, ekspertyzy eksperckie, wywiady, grupa fokusowa, dyskusja grupowa (panele, workshopy).
- Analizy trendów i scenariuszy: ekstrapolacja trendów, trend impact oraz cross impact, long wave analysis.
- Zastosowanie inteligentnych metod akwizycji informacji i wiedzy: monitoring i obserwacja środowiska (environmental scanning, technology watch), bibliometrics, scientometrics, patent analysis, text mining, knowledge sharing and management.
- Metody statystyczne: analiza korelacji zjawisk, demografia, analiza ryzyka,
- Modelowanie i symulacja: rozwój zrównoważony, zrównoważona ocena cyklu życia (LSCA), analiza socjo-efektywności lub eko-efektywności (see balance), środowiskowa ocena cyklu życia (LCA), koszty cyklu życia (LCC), społeczna analiza cyklu życia (SLCA), (life cycle analysis), metody estymowania zależności przyczynowych (causal models), modele ekonomiczne input/output, modele dyfuzji (diffusion modeling), adaptacyjne modelowanie systemów (adaptive system modeling), symulacje systemów (systems simulation, system dynamics), modele ekonometryczne (econometric base modeling), modele ekonomiczne (economic base modeling), analiza wejścia-wyjścia (input-output analysis), modelowanie ewolucji.

- Analiza decyzji: drzewa zależności (relevance trees), analiza zachowań Action Analysis, analiza kosztów i korzyści (cost-benefit analysis), opcje rzeczywiste (real option analysis).
- Metody opisowe i macierzowe: analogie (analogies), backcasting, impact identification, modelowanie systemów innowacyjnych (innovation system modeling), analiza instytucjonalna (Institutional Analysis), stakeholder analysis, DEA (data envelopment analysis), mitigation analysis, morphological analysis, social impact assessment, multiple perspectives assessment, organizational analysis, analiza wymagań (requirements analysis).
- Metody pobudzenia kreatywności: brainstorming, creativity workshops, TRIZ, generowanie wizji (vision generation).

Wobec powyższego, dla przedstawionego zakresu przedmiotowego przewiduje się realizację następujących funkcjonalności systemu: autonomiczne gromadzenie informacji i danych o otoczeniu STEEP, dostarczenie metod współdzielenia oraz zarządzania wiedzą, wstępna filtracja oraz przetwarzanie danych i informacji, propozycja metod akwizycji wiedzy nieformalnej.

Ważny też jest dobór odpowiednich metod zapisu danych, informacji oraz wiedzy. Jest on podstawą efektywnego funkcjonowania systemu decyzyjnego. Proces ten wymaga intensywnych operacji gromadzenia oraz przetwarzania wiedzy na potrzeby systemów. Koniecznym staje się: zdefiniowanie zakresu, określenie potencjalnych źródeł pozyskania informacji oraz koszty tych działań, kontrolowanie jakości pozyskanej informacji, określenie kryteriów wiarygodności i użyteczności pozyskanej w ten sposób informacji dla zdefiniowanego procesu decyzyjnego. Powyższe zadania mogą być wspomagane przez dedykowany system przechowywania danych, informacji i wiedzy.



Rys. 3.3 Wstępna koncepcja procesu zarządzania wiedzą SWD.
Źródło: Opracowanie własne.

Użytkowanie ontologii i logiki opisowej upraszcza wiele problemów w zagadnieniach związanych, między innymi z pozyskiwaniem danych i informacji, szeroko rozumianą integracją informacji, modelowaniem oraz monitorowaniem procesów biznesowych. Ponadto, ontologie

posiadają wiele mechanizmów pozwalających na zarządzanie i współdzielenie wolumenów wiedzy w środowiskach heterogenicznych. Dla przykładu, umożliwiają one budowanie większych struktur wiedzy bazując na ontologiach wyższego poziomu oraz dziedzinowych. Zaawansowane operacje na ontologiach wymagają między innymi: wprowadzenia operacji porównania ontologii, znajdowania równoważnych obiektów w ontologiach, czy integracji wiedzy rozproszonej w wielu ontologiach lub bazach wiedzy[200]. Przykładowy wariant procesu zarządzania wiedzą przedstawiono na Rys. 3.3. Ontologie w zastosowaniu TT należy postrzegać jako:

- narzędzie integracji wiedzy w heterogenicznym i rozproszonym środowisku,
- możliwość wdrożenia rozproszonej i z decentralizowanej architektury przechowywania wiedzy,
- dostarczenie narzędzi współdzielenia wiedzy pomiędzy wszystkich partnerów zaangażowanych w TT,
- automatycznej lub półautomatycznego przetwarzania i integracji informacji i wiedzy.

Właściwy poziom posiadanych informacji i wiedzy stanowi podstawę sprawnego procesu podejmowania decyzji. Sprawny obieg nabytej wiedzy w podmiotach zwiększa jakość i efektywność podejmowanych decyzji. Za odpowiedni przepływ informacji w przedsiębiorstwie odpowiedzialny jest system informacyjny. Wobec powyższego zakresu przedmiotowego, przewiduje się realizację następujących funkcjonalności systemu:

- indeksowanie źródeł wiedzy - biblioteki wiedzy (ontologie),
- udostępnianie wiedzy partnerom projektów TT,
- dokumentowanie, monitorowanie i aktualizacja wiedzy,
- zarządzanie wiedzą na potrzeby projektów TT.

Roadmapping klasyczny określa, by podejmowanie decyzji nastąpiło przez interakcyjne wypracowanie kompromisowego rozwiązania w gronie eksperckim. Bazę procesu stanowią: werbalne opinie ekspertów, pozyskane dane ilościowe oraz jakościowe pomocne w podjęciu decyzji. Metoda zaproponowana w rozprawie rozszerza z kolei klasyczną metodę RM o techniki analizy decyzyjnej ukierunkowane na dokonanie fuzji wszelakich działań metod sztucznej inteligencji z metodami opartymi na wypracowanie rozwiązania przez ekspertów. W tym przypadku zasadne staje się postawienie następującej hipotezy:

Hipoteza szczegółowa IV

Proces wspomaganie decyzji wymaga użytkowania różnorodnych wzorców systemów wspomaganie decyzji celem właściwego wsparcia procesu decyzyjnego.

Hipoteza szczegółowa V

Fuzja metod klasycznych (roadmappingowych) oraz optymalizacji dyskretnej, stanowi adekwatne narzędzie wspomaganie decyzji dla zastosowań transferu technologii.

Identyfikacja dozwolonych sekwencji decyzji (scenariuszy jednostkowych) jest głównie warunkowana przez odpowiednią jakość tworzonego modelu dyskretnego systemu dla problemu transferu technologii. Utworzony w ten sposób model jest zgodny z MD. Na podstawie ekstrakcji wiedzy z modelu możliwe jest określenie potencjalnych wariantów decyzyjnych oraz konsekwencji zaangażowania technologii w działalność operacyjną podmiotu. Realizacja powyższych celów wymaga opracowania procedur i algorytmów dedykowanych procesowi analitycznemu. Model ten również pozwala na integrację wiedzy o otoczeniu podmiotu, w tym aspektów: ekonomicznych, technologicznych, społecznych oraz polityczno-prawnych. Działanie to jest realizowane zgodnie z konwencją RM. Wnioskowany model może być oparty na teorii systemu zdarzeń dyskretnych (skrót SZD). SZD doskonale sprawdza się do modelowania systemów współbieżnych, dyskretnych i wielu innych zagadnień problemowych.

Zarządzanie tym systemem technologicznym zmierza do poszukiwania optymalnej trajektorii sterowania dla całego systemu. Finalnie ten element jest prezentowany decydentowi jako optymalna

strategia funkcjonowania podmiotu. Decydent może w interakcyjny sposób zmieniać parametry początkowe dla metody, uszczegółwić model opisu środowiska przez konstrukcje dodatkowych rozszerzeń modeli wraz z identyfikacją powiązań z elementami systemu podstawowego. Właściwe uzasadnienie odpowiedniej argumentacji wyboru planu strategicznego stanowi kluczowy element dyskusji rezultatu metody na płaszczyźnie ekspertów oraz decydentów. Ostateczna wizja strategii na tym etapie może ulec jeszcze doprecyzowaniu. Pojęcie wspomaganie decyzji w kontekście rozprawy, będzie się głównie odnosiło do wyłonienia akceptowalnego (kompromisowego) planu przez wszystkich interesariuszy.

Budowa strategii umożliwiającej aktywne użytkownikom metod TT osadzonym w wysoce dynamicznym środowisku wysokich technologii jest złożonym zagadnieniem. Rozwiązanie tej kwestii może wymagać zastosowania komplementarnych metod, do których należą metody: optymalnego sterowania, wielokryterialne, czy optymalizacji dyskretnej.

Wobec powyższego zakresu przedmiotowego przewiduje się realizację następujących funkcjonalności systemu:

- implementacja algorytmu wielokryterialnego optymalnego sterowania wspomagającego proces podejmowania decyzji,
- wypracowanie mechanizmów integracji rezultatów uzyskanego w procesie funkcjonowania modułu decyzyjnego oraz działania metod eksperckiego podejmowania decyzji (klasyczne podejście do RM),
- integracja procesów decyzyjnych z metodologią RM.

3.4 Podsumowanie

Roadmapping jest metodą ukierunkowaną na kreowanie strategii długoterminowej oraz identyfikację potrzeb podmiotu wdrażającego. Tę metodę można uzupełnić o elementy implementacji wzorców związanych z wykorzystaniem metod transferu technologii. Pewnym szczególnym obszarem problemowym funkcjonowania organizacji jest problem AADTP zmierzającego do aktywnego obrotu technologiami. Rozwiązanie tego problemu można dokonać jedynie przez algorytmiczne zdefiniowanie schematu organizacyjnego oraz metodycznego wsparcia procesu decyzyjnego przez szereg procedur implementowanych w systemie informatycznym. Podsumowując, dzięki zastosowaniu roadmappingu typu AADTP możliwe będzie osiągnięcie następujących celów częściowych:

- dostarczenie szablonu użytkownika metody składającego się z sekwencji skalowalnych faz procesu gwarantujących elastyczną aplikację w różnych zagadnieniach problemowych aktywnie użytkujących narzędzi TT,
- metod akwizycji i zarządzania wiedzą na potrzeby wsparcia procesu decyzyjnego,
- możliwość przydziału i zarządzania różnymi typami zasobów ukierunkowanych na tworzenie środowisk otwartej innowacji,
- opracowanie metod analizy i syntezy wspomagających podejmowanie decyzji przy tworzeniu różnych planów strategicznych dla działalności operacyjnej ukierunkowanej na akwizycję i dyfuzję technologii,
- metoda dostarczająca narzędzi monitorowania i modyfikacji planu w dynamicznym środowisku,
- równorzędnie z planowaniem strategicznym, kreowanie planów wdrożenia, które często są pomijane przez inne metody.

Wprowadzenie metody RM rozwiązującej problem klasy AADTP pozwala na zaspokojenie potrzeb metodycznych podmiotów aktywnie użytkujących technologie (szczególnie w kontekście efektywności wdrażania metod SWD).

W rozdziale dokonano identyfikacji podstawowych problemów TT, gdzie wyszczególniono między innymi: problemy rozwoju nowych produktów NPD-MP, dostosowanie wyrobów do uwarunkowań prawnych DPUP, czy wybór strategii naukowo-badawczej PWSNB. Elementem wspólnym wskazanych problemów jest technologia oraz inne IP jako przedmiot obrotu, które

szczegółowo rozważa się w problemie AADTP. W rozdziale dokonano również krótkiej charakterystyki dostępnych narzędzi i modeli dostosowanych do wyszczególnionych powyżej problemów.

Zawarte w tym rozdziale informacje dotyczące podstawowych założeń funkcjonalnych i pożądanых cech systemu. Elementy te stanowią podstawę implementacji SWD dla zagadnień planowania strategicznego w kontekście TT informatycznych z wykorzystaniem metody roadmappingu.

Rozdział 4

KONCEPCJA ARCHITEKTURY SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI UKIERUNKOWANYCH NA TRANSFER TECHNOLOGII

Rozdział zawiera formalny model systemu informatycznego. Na jego podstawie oparto propozycje architektury SWD, który jest dedykowany zagadnieniom transferu technologii informatycznych. Architektura systemu bazuje na szeregu koncepcji oraz wniosków wynikających z treści poprzednich rozdziałów. Opracowano propozycje rozwiązania wcześniej zdefiniowanych problemów, które bazują głównie na nowym podejściu do konstrukcji architektury systemu informatycznego wspomagającego proces decyzyjny implementującego roadmapping typu AADTP. Oczekuje się, że opracowywana metoda powinna doskonale sprawdzać się w zagadnieniach transferu technologii w kontekście organizacyjnym oraz metodycznym.

W niniejszym rozdziale każdy element opisu architektury systemu będzie poprzedzony wprowadzeniem założeń i koncepcji szczegółowych zgodnych z wytycznymi znajdującymi się w *Rozdziale trzecim* i wcześniejszych.

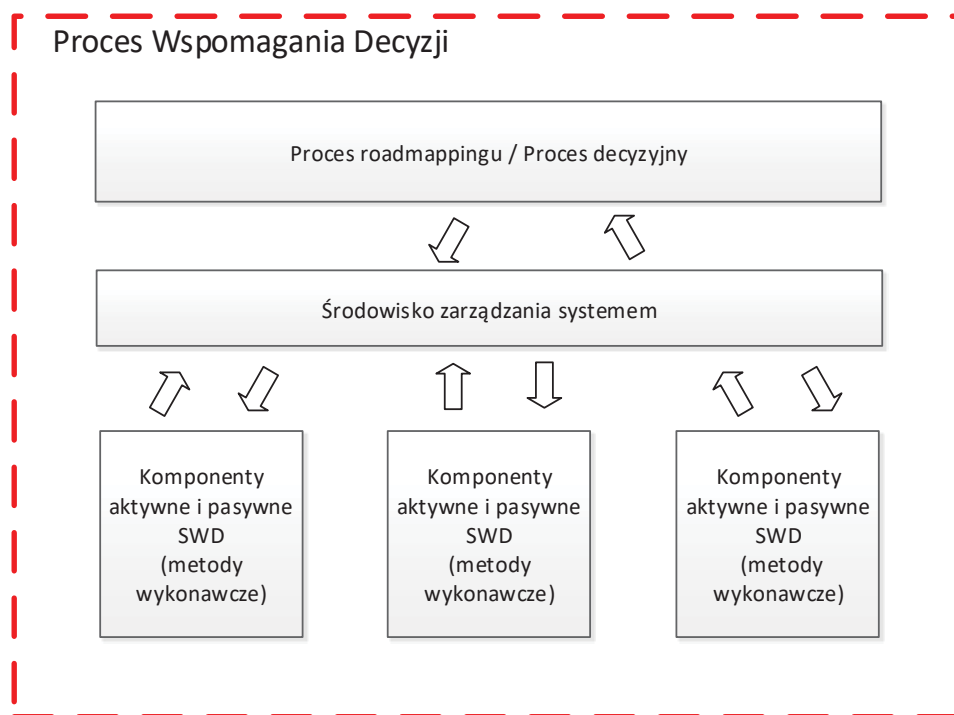
4.1 Model systemu

Wobec powyższych wstępnych założeń projektowych, istotne staje się wyszczególnienie modułów funkcjonalnych systemu informatycznego SWD. Funkcjonalności zdefiniowane w rozdziale trzecim oraz obecnym można osiągnąć wyłącznie przez grupowanie i klarowne zdefiniowanie bloków funkcjonalnych. Moduły te muszą być odpowiednio wkomponowane w kontekst problemu decyzyjnego. Swain [242] zauważa, że rozszerzenie kontekstu analitycznego jest możliwe do osiągnięcia wyłącznie dzięki odpowiedniej implementacji oraz integracji systemów informatycznych. Integracja stanowi element funkcjonowania w sposób spójny pod względem informacyjnych i operacyjnych. Na tym etapie można postawić następujący problem:

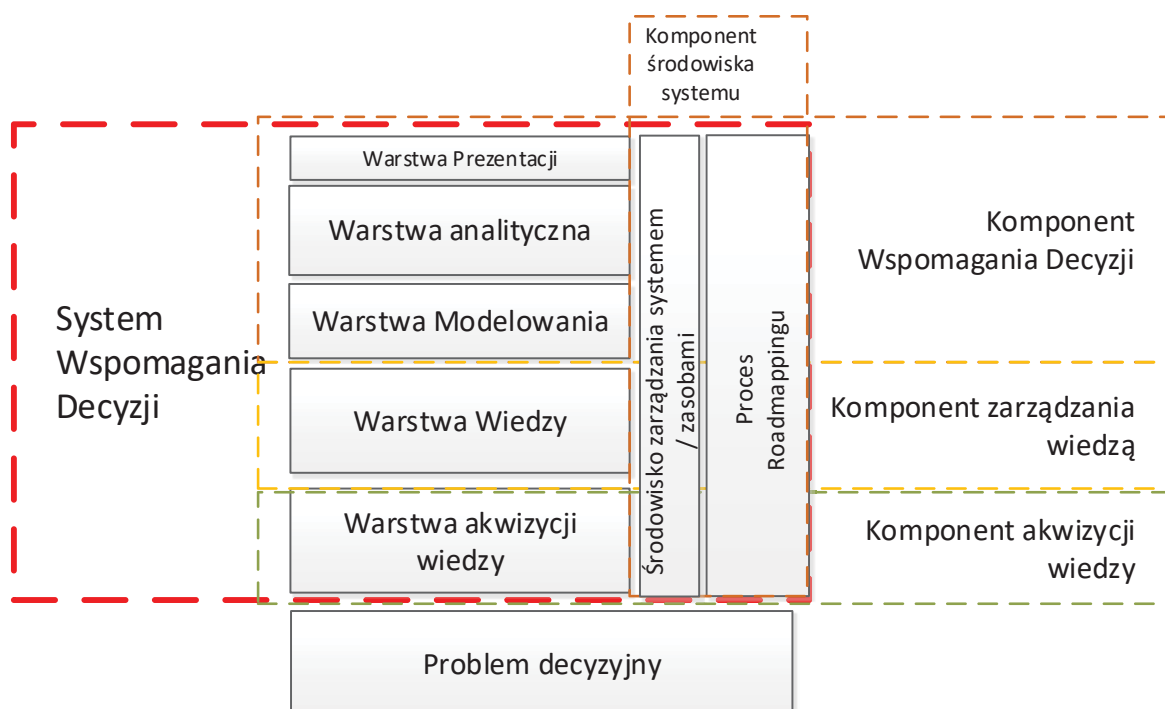
Problem techniczny 4.1

W jaki sposób dokonać dekompozycji procesu przetwarzania informacji SWD na prostsze procesowo elementy logistycznie, postrzegając je przez pryzmat czynników: zespołu środków technicznych, zasobów i struktury procesów (logika) służących do gromadzenia, przechowywania i przetwarzania informacji celem finalnej kompozycji tych elementów jednostkowych w spójne informacyjnie źródło informacji przetworzonej wspomagające proces wspomaganie decyzji w transferze technologii informatycznych.

W dalszej części tego rozdziału zostanie zaprezentowany model procesowy przetwarzania informacji w SWD wraz z dedykowaną temu procesowi architekturą. Pomocna w tym względzie, może okazać się możliwość zdefiniowania systemu przez pryzmat warstwowej architektury, na podstawie której będzie można wydzielić moduły dedykowane konkretnym celom. Podstawową architekturę systemu wspomaganie decyzji zaprezentowano na Rys. 4.1. Poszczególne elementy tego diagramu korespondują z poniżej wprowadzoną architekturą warstwową i zostaną dokładnie opisane w dalszej części tego rozdziału.



Rys. 4.1 Architektura funkcjonalna SWD.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 4.2 Architektura warstwowa SWD.
Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z wymaganiami SWD ma tworzyć architekturę skalowalną oraz elastyczną, a w przyszłości - musi umożliwiać łatwą rozszerzalność i implementację nowych funkcjonalności. Zapewnienie tych wymagań umożliwi budowę zintegrowanego systemu eksperckiego łącząc w sobie elastyczność systemów ogólnego przeznaczenia oraz prostotę dedykowanych rozwiązań, dostosowanych do potrzeb indywidualnego zadania decyzyjnego. Wdrożenie modelu systemu w formie warstwowej ma wymiar poznawczy, gdzie bezpośrednio dokonuje się wizualizacji struktury oraz zależności funkcjonalnych jej elementów składowych. Wskazana architektura ma również wymiar pragmatyczny opracowując w pełni rozproszone środowisko SWD oparte o konwencje architektury

otwartej. Zdefiniowana forma reprezentacji systemu przewiduje również delegowanie w tej konwencji, części kompetencji SWD do podmiotów obcych (interesariuszy), np. partnerów gromadzących informację naukową oraz technologiczną użyteczną w procesie decyzyjnym, partnerów biznesowych, projektów foresight, itd. Wizualizacje budowy warstwowej przedstawiono na Rys. 4.2 Diagram zawiera podstawowe kategorie modułów. W dalszej części zostaną zaprezentowane szczegóły architektury SWD w oparciu o predefiniowaną strukturę warstw i modułów.

1. Warstwa problemu decyzyjnego

Pierwotną, a zarazem najniższą warstwę proponowanej architektury, stanowi warstwa problemu decyzyjnego (skrót *PD*). Można ją interpretować jako źródło danych i informacji nieustrukturyzowanych. Termin nieustrukturyzowany odnosi się do takich elementów, dla których jeszcze nie identyfikowano odpowiedniej struktury (powiązań) dla procesu podejmowania decyzji. Warstwę tę stanowią głównie rozproszone zasoby informacyjne przybierające często różną formę. Zasoby te mogą opisywać podmiot analizy oraz jego otoczenie, czy inne elementy istotne dla procesu podejmowania decyzji.

Celem wyspecyfikowania formalnego modelu systemu decyzyjnego można skorzystać w tym względzie z teorii mnogości, co wymaga posłużenia się symbolami i oznaczeniami zawartymi w Tab. 4.1. Na wstępie będzie rozważany model statyczny systemu wspomagania decyzji, który później zostanie rozszerzony do modelu dynamicznego.

Tab. 4.1 Objaśnienie symboli użytkowanych w opisie modelu systemu.

Symbol	Znaczenie
KD, KI	zbiory
w_l, d_l, k_j, k	element zbioru
f, t, r	funkcje operujące na elementach zbioru
$(KD, \leq_T)$	zbiór częściowo uporządkowany ($\leq_T$ funkcja preferencji)

Źródło: Opracowanie własne.

Na warstwę problemu decyzyjnego składają się wszystkie możliwe źródła informacyjne, które mogą być pozyskane celem realizacji procesu decyzyjnego. Beynon-Davies [243] wyróżniają trzy zasadnicze komponenty powiązane ze sobą:

- Dane są reprezentacjami obiektów identyfikowanymi w danym środowisku na potrzeby zapamiętania określonych faktów, zdarzeń, prawidłowości, instancji.
- Informacja stanowi zbiór danych wraz z ich podstawową interpretacją.
- Wiedza to zbiór k relacji pomiędzy danymi i informacjami oraz obiektami, na których możliwa jest aktywacja procesów interpretacji. Wynikiem tych procesów jest nadanie różnym podzbiorom danych i informacji znaczenia, które jest subiektywne (warunkowe), gdy w procesie interpretacji wzięto pod uwagę jedynie istotny podzbiór struktury wiedzy.

Biorąc pod uwagę powyższe, w systemach informacyjnych następuje naturalny przepływ od danych, poprzez informację do wiedzy. Wszystkie powyższe elementy - bezpośrednio lub pośrednio – mogą służyć do generowania opisu problemu decyzyjnego. Na podstawie tej wiedzy możliwe jest utworzenie spójnej wiedzy o problemie decyzyjnym, a finalnie podejmowanie decyzji.

Podstawą funkcjonowania systemu informacyjnego jest gromadzenie wiedzy, która pozwala na interpretację pozyskanych danych i informacji, a finalnie przetworzenie tych składników w użyteczną wiedzę. Niech V^* oznacza zbiór wszystkich możliwych parametrów jakościowych

i ilościowych określonego zbioru obiektów, które mogą przykładowo oznaczać: jakość, koszt nabycia, wiarygodność, itp. Zbiór wartości parametrów przyjmuje następującą postać:

$$V^* := \bigcup_{K=1}^{\infty} v_1^* \times v_2^* \times \dots \times v_K^* \quad v_1^* \quad (4.1)$$

gdzie v_i^* są zbiorami dopuszczalnych wartości parametrów określonego typu. Funkcja przypisująca wartości parametrów do danego elementu lub zbioru elementów **KW** nadaje im opis informacyjny, a funkcja odwrotna stanowi interpretację danych i/lub informacji.

$$p: 2^{KW} \rightarrow V^* \quad (4.2)$$

2. Warstwa procesu roadmappingu

Warstwa procesu roadmappingu ma za zadanie nadzorowanie procesu decyzyjnego po to, by był on wykonywany zgodnie ze specyfikacją metody roadmappingu. W *Rozdziale pierwszym* i w *Rozdziale drugim* wskazano zasady stosowania metody RM. Realizacja procesu decyzyjnego powinna przebiegać zgodnie z wyszczególnieniem czterech faz zadaniowych. Algorytmy RM dostosowane do wymagań systemów informatycznych zawarto w Dodatku 0.2. W warstwie tej następuje zdefiniowanie szczegółowych procesów decyzyjnych, a następnie ich monitorowanie celem uzyskania określonych rezultatów. Warstwa ta komunikuje się z warstwą środowiska za pomocą komunikatów, które odzwierciedlają zadania realizowane w procesie roadmappingu.

Niech zbiór zadań metody roadmappingu (Dodatek 0.2) będzie określony jako:

$$RMZ := \{r_i: i = 1, \dots, I\} \quad (4.3)$$

Zadania te można sparametryzować parametrami $V^*_{RM} \subseteq V^*$ w następujący sposób:

$$prmz: RMZ \rightarrow V^*_{RM} \quad (4.4)$$

Zadania roadmappingowe służą do pozyskania wiedzy **KW** na potrzeby rozwiązania problemów decyzyjnych za pośrednictwem innych warstw systemu z wykorzystaniem metod im przyporządkowanych. Sposób przyporządkowania parametrów do zbioru **RMZ** replikują podane wyżej ogólny sposób pozyskiwania wiedzy.

3. Warstwa środowiska (zarządzania)

Warstwa środowiska (zarządzania systemem) realizuje wszystkie funkcje niskopoziomowe. Do najważniejszych zadań tej warstwy należą zarządzanie i koordynacja procesów przepływów informacyjnych w systemie. Koordynacja procesów odbywa się przez przesyłanie komunikatów wraz ze strukturami informacyjnymi lub odnośnikami do nich.

Warstwa środowiska porozumiewa się z innymi warstwami definiowanymi w tym punkcie za pomocą zleceń oraz zwrotnie komunikatów (wiadomości). Wiadomości pełnią funkcję diagnostyczną lub pozwalają na przesyłanie pakietów informacyjnych. Zbiór wszystkich zleceń oznaczmy przez **Z** (4.5)

$$Z := \{z_j: j = 1, \dots, J\} \quad (4.5)$$

Można dokonać parametryzacji zleceń w następujący sposób:

$$pz: Z \rightarrow V^*_Z, \text{ gdzie } V^*_Z \subseteq V^* \quad (4.6)$$

Przykład takiego zlecenia: $z_x \rightarrow (Patenty, 2000 - 2016, ICT)$ - pozyskaj wiedzę o określonej specyfikacji w warstwie akwizycji wiedzy.

System zarządzania dokonuje podziału zadań roadmappingowych na funkcjonalne zlecenia systemu zarządzania. Służą do tego dwa komponenty zadania roadmappingu **RMZ** (4.3) oraz zbioru

zleceń Z (4.5). Zlecenia nadzorowane przez system są kierowane do odpowiednich komponentów. Część z nich może nie być nadzorowana przez system, wówczas bezpośrednio trafiają one przez tę warstwę do komponentu docelowego. W drugą stronę, warstwa ta otrzymuje komunikaty diagnostyczne lub informacyjne.

Procedurę s dokonującą podziału zadań na zlecenia systemu można opisać funkcją w następujący sposób:

$$s: RMZ \rightarrow 2^Z, \quad s(r) := \{ z \in Z: \text{złożenie zleceń } z \text{ daje efekt równoważny z wykonaniem zadania } RM \text{ } r, \text{ zgodnie ze specyfikacją } Cap(x \in 2^Z) \equiv^{(1)} Req(r) \} \quad (4.7)$$

gdzie:

$s(r)$ – funkcja dokonująca przydziału zleceń z do zadań roadmappingu warstwy środowiskowej na podstawie zgodności z wymaganiami zadania roadmappingowego (np. czas realizacji, zakres, itp.),

$Req(r)$ – wymagania zadania roadmappingu, zgodne z zdaniem r ,

$\equiv^{(1)}$ – relacja (procedura) weryfikacji spełnienia wymagań przez złożenie zleceń.

Sprawdzenie wymagań przyjmuje następującą postać:

$$Req: RMZ \rightarrow V^*_Z, \quad Req(r) \in V^*_Z \quad (4.8)$$

Sprawdzenie możliwości realizacji zadania w obszarze parametrów przyjmuje postać:

$$Cap: 2^Z \rightarrow V^*_Z, \quad Cap(x \in 2^Z) \in V^*_Z \quad (4.9)$$

Założenia konstrukcji systemu umożliwiają dowolne konfigurowanie architektury zależnie od powierzonych zadań. Warstwa środowiska jest w stanie odpowiednio kierować komunikaty i zlecenia do poszczególnych warstw, by w odpowiedni sposób rekonfigurować strukturę i procedury funkcjonowania systemu. Działanie to z reguły oznacza aktywację, dezaktywację lub zmianę odpowiednich komponentów architektury znajdujących się na wyszczególnionych w tym punkcie warstwach. Zmiany następują zgodnie ze zdefiniowanymi parametrami pozwalającymi na realizację określonych celów funkcjonowania systemu informatycznego zgodnie ze specyfikacją (oczekiwany rezultat aplikacji danej metody nie może być gorszy od specyfikacji). Zlecenia rekonfiguracji procesu przetwarzania informacyjnego mogą być wyzwane automatycznie lub manualnie z warstwy procesu roadmappingu lub środowiskowej.

4. Warstwa akwizycji wiedzy

Akwizycja danych informacji i wiedzy to kluczowy element procesu podejmowania decyzji. Gromadzenie wskazanych uprzednio zasobów jest podstawowym elementem mającym wpływ na jakość podejmowanych decyzji. Często decydent ma dostęp do informacji niepewnej, nieprecyzyjnej bądź niejednoznacznej, co może stanowić dużą przeszkodę w prawidłowej analizie informacji.

Proces akwizycji przyjmuje z reguły następujący schemat: identyfikacja potencjalnych źródeł wiedzy, transfer, filtracja oraz wstępne przetworzenie heterogenicznych źródeł (często nieustrukturyzowanych) w użyteczną wiedzę możliwą do wykorzystania w procesie decyzyjnym. Warstwa jej akwizycji w sposób instrumentalny dostarcza następujących funkcjonalności:

- mechanizmy eksperckiej akwizycji wiedzy, np. ankiety, kolektywne modelowanie systemu,
- metody indeksacji, wymiany i przeszukiwania wiedzy dostępnej u zewnętrznych podmiotów, np. integrowanie wiedzy uczestników konsorcjum przez import lub odwołania (zewnętrzne źródła),

- metody pobierania i aktualizowania w sposób automatyczny lub półautomatyczny, np. dane statystyczne, szeregi czasowe, inne.

Pozyskana w ten sposób wiedza jest technicznie kodowana przed przekazaniem jej do wyższej warstwy wiedzy, za pomocą odpowiednich interfejsów. Kodowanie techniczne oznacza zapis pozyskanych treści w zdefiniowanym meta języku, który będzie poprawnie interpretowany przez wyższą warstwę. Sposób realizacji implementacji każdej z metod akwizycji może być realizowany w ramach tej warstwy w dowolny sposób z uwagi na spójną platformę komunikacji, jaką jest wspólny meta język. Istnieje, zatem pełna dowolność doboru platform programistycznych zgodnie z paradygmatem tworzenia oprogramowania opartego na otwartych standardach. Zwykle warstwa ta przyjmuje formę biblioteki metod akwizycji wiedzy udostępnianej decydentowi lub innym użytkownikom.

Warstwę tę można opisać za pomocą zbioru dostępnych metod akwizycji (aktywnego pozyskiwania wiedzy) **MA**:

$$\mathbf{MAW} := \{a_i: i = 1, \dots, I\} \quad (4.10)$$

Każda z tych metod akwizycji stanowi osobną metodę pozyskiwania wiedzy w formie dedykowanych modułów akwizycji (podprogramów działających w dedykowanym środowisku uruchomieniowym) o zdefiniowanych parametrach wejściowych (4.3). Metody pozyskiwania wiedzy można również sparametryzować w sposób spójny w następujący sposób:

$$\mathbf{pma}: \mathbf{MAW} \rightarrow V^*_{MAW}, \text{ gdzie } V^*_{MAW} \subseteq V^* \quad (4.11)$$

Warstwa akwizycji otrzymuje zlecenia akwizycji wiedzy od warstwy zarządzania środowiskiem. Za dobór tych zleceń może być odpowiedzialny użytkownik, a w sytuacji, w której użytkownik jest zastąpiony przez inteligentny bot może odbywać się to działanie automatycznie. Procedura a dokonująca przydziału metod modelowania do zleceń systemu można opisać funkcją w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \mathbf{a}: \mathbf{Z} \rightarrow 2^{\mathbf{MAW}}, \mathbf{a}(z) := \{o_i \in \mathbf{MAW}: \text{złożenie metod akwizycji } o_i \text{ daje efekt} \\ \text{równoważny z wykonaniem zlecenia } z, \text{ zgodnie ze specyfikacją} \\ \text{Cap}(x \in 2^{\mathbf{MAW}}) \equiv^{(2)} \text{Req}(z)\} \end{aligned} \quad (4.12)$$

gdzie:

$\mathbf{a}(z)$ – funkcja dokonująca przydziału metody akwizycji zależnie od zgodności uwarunkowań zadań i komunikatów zleconych z warstwy środowiskowej (z reguły zgodne z wymaganiami zadania roadmappingowego, np. czas realizacji, zakres, itp.)

$\text{Req}(z)$ – wymagania zlecenia warstwy zarządzającej zgodne z zleceniem z

$\text{Cap}(2^{\mathbf{MAW}})$ – możliwość realizacji danego zlecenia przez złożenie metod

$\equiv^{(2)}$ - relacja (procedura) weryfikacji spełnienia wymagań zlecenia z

Sprawdzenie wymagań przyjmuje następującą postać:

$$\mathbf{Req}: \mathbf{Z} \rightarrow V^*_{MAW}, \text{Req}(z) \in V^*_{MAW} \quad (4.13)$$

Sprawdzenie możliwości realizacji zadania w obszarze parametrów przyjmuje postać:

$$\mathbf{Cap}: 2^{\mathbf{MAW}} \rightarrow V^*_{MAW}, \mathbf{Cap}(x \in 2^{\mathbf{MAW}}) \in V^*_{MAW} \quad (4.14)$$

W przypadku sytuacji konfliktowych (kilku alternatyw) decyduje funkcja częściowego porządku ustanowiona dla zbioru $(2^{\mathbf{MAW}}, \leq_{MAW})$

5. Warstwa wiedzy

Element centralny architektury SWD stanowi warstwa wiedzy bezpośrednio implementująca metody zarządzania, zgodnie z zasadami zaprezentowanymi w *Rozdziale piątym*. Warstwa ta jest

odpowiedzialna za przepływ wiedzy pomiędzy warstwą najniższą, a znajdującymi się wyżej w hierarchii. Stanowi również element, który determinuje otwartość platformy w skali makro. Warstwa jest odpowiedzialna, między innymi, za: sposoby przechowywania, metody współdzielenia, przetwarzania udostępniania wiedzy oraz bezpieczeństwo zgromadzonych wszystkich zasobów. Na tym etapie wsparcie standardów otwartej architektury, powinno pozwolić na możliwość kooperacji wszystkich partnerów w obrębie zintegrowanej platformy. Użytkowanie mechanizmów ontologicznych pozwala zachować otwartość wymiany wiedzy oraz umożliwia nieograniczoną możliwość generowania, współdzielenia oraz operowania wiedzą specjalistyczną dotyczącą danej aplikacji problemowej w środowisku rozproszonym. Dodatkowo, warstwa ta powinna również dostarczać metod pozwalających na zmniejszenie obszerności wiedzy specjalistycznej (w tym redundancji), przechowywanej na potrzeby zagadnienia problemowego.

Warstwa ta odpowiedzialna jest za przechowywanie elementów wiedzy oraz za przetwarzanie i zarządzanie niskopoziomowe, gdzie można wyróżnić zbiór metod przetwarzania wiedzy niskopoziomowego **MPN** (np. metody wnioskowania) lub metod zarządzania (np. podział, wiedzy na ontologie i ich współdzielenie).

$$\mathbf{MPN} := \{b_i: i = 1, \dots, I\} \quad (4.15)$$

Metody przetwarzania wiedzy można również sparametryzować w następujący sposób:

$$\mathbf{pmpn}: \mathbf{MPN} \rightarrow V^*_{\mathbf{MPN}}, \text{ gdzie } V^*_{\mathbf{MPN}} \subseteq V^* \quad (4.16)$$

Warstwa wiedzy otrzymuje zlecenia przetwarzania wiedzy od warstwy zarządzania środowiskiem. Dobór tych elementów może odbywać się manualnie lub automatycznie.

Procedura **wa** dokonująca przydziału metod zarządzania wiedzą do zleceń środowiska można opisać funkcją w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \mathbf{wa}: \mathbf{Z} \rightarrow 2^{\mathbf{MPN}}, \mathbf{wa}(\mathbf{z}): = \{o_i \in \mathbf{MPN}: \text{złożenie metod warstwy wiedzy } o_i \text{ daje} \\ \text{efekt równoważny z wykonaniem zlecenia } \mathbf{z}, \text{ zgodnie ze specyfikacją} \\ \text{Cap}(x \in 2^{\mathbf{MPN}}) \equiv^{(3)} \text{Req}(\mathbf{z}) \} \end{aligned} \quad (4.17)$$

gdzie:

wa(**z**) – funkcja dokonująca przydziału metody wiedzy zależnie od zgodności uwarunkowań zadań i komunikatów zleconych z warstwy środowiskowej (z reguły zgodne z wymaganiami zadania roadmappingowego, np. czas realizacji, zakres, itp.)

Req(**z**) – wymagania zlecenia warstwy zarządzającej zgodne z zleceniem **z**

Cap($2^{\mathbf{MPN}}$) – możliwość realizacji danego zlecenia przez złożenie metod

$\equiv^{(3)}$ - relacja (procedura) weryfikacji spełnienia wymagań zlecenia **z**

Sprawdzenie wymagań przyjmuje następującą postać:

$$\mathbf{Req}: \mathbf{Z} \rightarrow V^*_{\mathbf{MPN}}, \mathbf{Req}(\mathbf{z}) \in V^*_{\mathbf{MPN}} \quad (4.18)$$

Sprawdzenie możliwości realizacji zadania w obszarze parametrów przyjmuje postać:

$$\mathbf{Cap}: 2^{\mathbf{MPN}} \rightarrow V^*_{\mathbf{MPN}}, \mathbf{Cap}(x \in 2^{\mathbf{MPN}}) \in V^*_{\mathbf{MPN}} \quad (4.19)$$

6. Warstwa modelowania

Warstwa modelowania zagadnienia decyzyjnego bezpośrednio implementuje metodykę roadmappingu. Organizacyjnie oraz metodycznie została ona przedstawiona w *Rozdziale siódmym*. Zgodnie z założeniami, metoda RM wspomaga logistycznie i organizacyjnie proces podejmowania decyzji. Na tym etapie następuje fuzja wiedzy, celem utworzenia spójnego modelu opisu sytuacji decyzyjnej. Elementami weryfikującymi poprawność dokonanej analizy i syntezy są eksperci. Efekt

działania modułu stanowi model SZD replikuje opis dynamiki zagadnienia problemowego kompleksowo dla całej struktury. Model ten jest również interpretowany jako surowy diagram roadmappingowy przedstawiający aktualny stan i oczekiwaną przyszłą ewolucję elementów identyfikowanych zgodnie z zadaniem problemowym. Konstrukcja diagramu roadmappingu typu AADTP, polega na wyborze obiektów do poszczególnych warstw w oparciu o kryteria istotności modelu oraz identyfikacji relacji pomiędzy tymi obiektami. Finalnie, w wyższej warstwie, model ten poddawany jest analizie i syntezie.

Proces RM jest realizowany głównie z wykorzystaniem narzędzi wsparcia pracy grupowej użytkowanej przez ekspertów. Dokonują oni syntezy wiedzy uzyskanej przez warstwę niższą prezentowanego modelu warstwowego: warstwy akwizycji i wiedzy. Dedykowane narzędzia pracy grupowej wykorzystują przede wszystkim techniki wizualnego przetwarzania modelu, który zostaje aprobowanego przez zainteresowane strony. Rezultatem funkcjonowania tej warstwy jest przekazanie modelu systemu technologicznego do warstwy dokonującej właściwej analizy decyzyjnej.

Warstwa ta służy do zarządzania modelami na potrzeby procesu decyzyjnego oraz ich integracji. Przykładami takich modeli stanowią model SZD opisujący dane zagadnienie transferu technologii, modele PEST/PEEST, modele foresightu [200], itd.

Model ten może mieć strukturę hierarchiczną, tj. być złożony z innych modeli połączonych relacją częściowego porządku. Struktura ta może być dodatkowo zagnieżdżona.

Niech istnieje zbiór dostępnych metod modelowania $\mathbf{MO}$:

$$\mathbf{MO} := \{m_i: i = 1, \dots, I\} \quad (4.20)$$

Metody pozyskiwania wiedzy można również sparametryzować w następujący sposób:

$$\mathbf{pmo}: \mathbf{MO} \rightarrow V^*_{\mathbf{MO}}, \text{ gdzie } V^*_{\mathbf{MO}} \subseteq V^* \quad (4.21)$$

Warstwa wiedzy otrzymuje zlecenia modelowania zagadnienia problemowego od warstwy zarządzania środowiskiem. Dobór tych elementów może odbywać się w trybie nadzorowanym lub automatycznie. Procedura $\mathbf{ga}$ dokonująca przydziału metod modelowania do zleceń systemu można opisać w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \mathbf{ga}: \mathbf{Z} \rightarrow 2^{\mathbf{MO}}, \mathbf{ga}(\mathbf{z}): = \{o_i \in \mathbf{MO}: \text{złożenie metod warstwy modelowania } o_i \text{ daje} \\ \text{efekt równoważny z wykonaniem zlecenia } \mathbf{z}, \text{ zgodnie ze specyfikacją} \\ \text{Cap}(\mathbf{x} \in 2^{\mathbf{MO}}) \equiv^{(4)} \text{Req}(\mathbf{z}) \} \end{aligned} \quad (4.22)$$

gdzie:

$\mathbf{ga}(\mathbf{z})$ – funkcja dokonująca przydziału metody wiedzy zależnie od zgodności uwarunkowań zadań i komunikatów zleconych z warstwy środowiskowej (z reguły zgodne z wymaganiami zadania roadmappingowego, np. czas realizacji, zakres, itp.)

$\text{Req}(\mathbf{z})$ – wymagania zlecenia warstwy zarządzającej zgodne z zleceniem $\mathbf{z}$

$\text{Cap}(2^{\mathbf{MO}})$ – możliwość realizacji danego zlecenia przez złożenie metod

$\equiv^{(4)}$ - relacja (procedura) weryfikacji spełnienia wymagań zlecenia $\mathbf{z}$

Sprawdzenie wymagań przyjmuje następującą postać:

$$\mathbf{Req}: \mathbf{Z} \rightarrow V^*_{\mathbf{MO}}, \text{Req}(\mathbf{z}) \in V^*_{\mathbf{MO}} \quad (4.23)$$

Sprawdzenie możliwości realizacji zadania w obszarze parametrów przyjmuje postać:

$$\mathbf{Cap}: 2^{\mathbf{MO}} \rightarrow V^*_{\mathbf{MO}}, \mathbf{Cap}(\mathbf{x} \in 2^{\mathbf{MO}}) \in V^*_{\mathbf{MO}} \quad (4.24)$$

7. Warstwa analityczna

Kompetencyjnie warstwa analityczna jest bezpośrednio odpowiedzialna za realizację właściwego procesu wspomagania decyzji z wykorzystaniem algorytmów optymalizujących strukturę diagramu roadmappingowego. Algorytm dynamicznej optymalizacji wielokryterialnej użytkowany do celów decyzyjnych zostanie dokładniej przedstawiony w kolejnym rozdziale. Przez zastosowanie wskazanych algorytmów otrzymuje się wynikową strukturę diagramu w ramach procesu analizy i syntezy. Obiekty diagramu są automatami posiadającymi pewną dynamikę, zatem powstające w ten sposób trajektorie można mapować na elementy planu strategicznego lub operacyjnego. Zgodnie z metodyką roadmappingu wynikowa wizja planu strategicznego jest poddawana dodatkowo szczegółowej dyskusji i przeglądowi na forum eksperckim, a w przypadku osiągnięcia konsensusu akceptowana przez wszystkich interesariuszy wraz z ekspertami. Cele strategiczne i operacyjne stanowią element stały identyfikowany na diagramie. Mogą być postrzegane jako możliwość osiągnięcia pewnych stanów wyróżnionych obiektów lub podsystemów (por. [244]). Dla przykładu, celowi „osiągnięcie co najmniej 50% udziału w rynku gier na platformy mobilne” odpowiadają wszystkie trajektorie, złożone z obiektów wewnętrznych warstw (nowe produkty, wdrożenia technologii). Trajektorie sterowania obiektów symbolizują optymalne, zgodnie z preferencjami decydentów, zachowanie każdego obiektu indywidualnie oraz kompleksowo na poziomie komponentu lub systemu. Elementy składowe trajektorii mogą być bezpośrednio mapowane na konkretne aktywności będące elementem planu, np. zakup technologii, ocena ryzyka wdrożenia, itd. Ocena realizacji celów dokonywana jest *ex-ante*, metodami optymalizacji wielokryterialnej, przy dodatkowym uwzględnieniu kryteriów ekonomicznych oraz miar ryzyka. Weryfikacja całego modelu dokonywana jest *ex-ante*, poprzez testowanie istotności wszystkich obiektów włączonych do diagramu oraz w trakcie procesu roadmappingowego.

Warstwa analityczna służy do tworzenia i zarządzania modelami procesu decyzyjnego celem wsparcia podejmowania decyzji. Metody analityczne mogą mieć strukturę hierarchiczną i zagnieżdżoną. Warstwę tę można opisać za pomocą zbioru dostępnych w systemie metod analitycznych:

$$\mathbf{MA} := \{m_i; i = 1, \dots, I\} \quad (4.25)$$

Przykładami takich metod analitycznych stanowią: metoda analityczna RM w oparciu o SZD (UtaStar) operująca na warstwie RM II i III, metoda analityczna RM w oparciu o SZD (Electre) operująca na warstwie RM I i III, itd.

Metody pozyskiwania wiedzy można również sparametryzować w następujący sposób:

$$\mathbf{pma}: \mathbf{MA} \rightarrow V^*_{\mathbf{MA}}, \text{ gdzie } V^*_{\mathbf{MA}} \subseteq V^* \quad (4.26)$$

Warstwa analityczna operuje na wiedzy wytworzonej w poprzedniej warstwie – modelowania. Celem jest utworzenie nowej wiedzy, którą przekłada się na plan strategiczny lub operacyjny. Warstwa analityczna otrzymuje zlecenia cząstkowe konstrukcji modelu analitycznego (zlecenia analityczne) od warstwy zarządzania środowiskiem. Dobór szczegółowych metod analitycznych może odbywać się w trybie nadzorowanym lub automatycznie.

Procedura **ac** dokonująca przydziału metod analitycznych do zleceń systemu można opisać funkcją w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \mathbf{ac}: \mathbf{Z} \rightarrow 2^{\mathbf{MA}}, \mathbf{ac}(\mathbf{z}) := \{o_i \in \mathbf{MA}: \text{złożenie metod warstwy analitycznej } o_i \text{ daje efekt} \\ \text{równoważny z wykonaniem zlecenia } \mathbf{z}, \text{ zgodnie ze specyfikacją} \end{aligned} \quad (4.27)$$

$$\text{Cap}(x \in 2^{\mathbf{MA}}) \equiv^{(5)} \text{Req}(\mathbf{z}) \}$$

gdzie:

ac(**z**) – funkcja dokonująca przydziału metody analityczną zależnie od zgodności uwarunkowań zadań i komunikatów zleconych z warstwy środowiskowej (z reguły zgodne z wymaganiami zadania roadmappingowego, np. czas realizacji, zakres, itp.)

Req(**z**) – wymagania zlecenia **z**

$Cap(2^{MA})$ – możliwość realizacji danego zlecenia przez złożenie metod analitycznych

$\equiv^{(5)}$ - relacja (procedura) weryfikacji spełnienia wymagań zlecenia z

Sprawdzenie wymagań przyjmuje następującą postać:

$$Req: Z \rightarrow V^*_{MA}, Req(z) \in V^*_{MA} \quad (4.28)$$

Sprawdzenie możliwości realizacji zadania w obszarze parametrów przyjmuje postać:

$$Cap: 2^{MA} \rightarrow V^*_{MA}, Cap(x \in 2^{MA}) \in V^*_{MA} \quad (4.29)$$

8. Warstwa prezentacji (udostępniania wiedzy)

Warstwa prezentacji pełni funkcję pośredniczącą pomiędzy decydentem, a niższymi warstwami poprzez dostarczenie właściwych interfejsów wizualizacji oraz komunikacji. Bezpośrednim zadaniem warstwy wizualizacji jest opracowanie metod właściwej interakcji z decydentem lub z innymi interesariuszami zaangażowanymi w proces decyzyjny. Głównym efektem wynikowym metody jest wizualizacja proponowanego planu strategicznego oraz jego interpretacja zainteresowanym stronom. Ponadto, zgodnie z metodyką RM, każda propozycja wynikowa planu strategicznego powinna być monitorowana oraz nadzorowana na etapie implementacji.

Odwołując się do prezentowanego modelu - model ten jest konsumentem wiedzy **KW** powstałej w warstwie niższej analitycznej. Wiedza i rezultaty procesu decyzyjnego **KW** są wizualizowane z wykorzystaniem metod tej warstwy.

Warstwę tę można opisać za pomocą zbioru dostępnych metod prezentacji **MP**:

$$MP := \{a_i: i = 1, \dots, I\} \quad (4.30)$$

Metody pozyskiwania wiedzy można również sparametryzować w następujący sposób:

$$pmp: MP \rightarrow V^*_{MP}, \text{ gdzie } V^*_{MP} \subseteq V^* \quad (4.31)$$

Warstwa prezentacji otrzymuje zlecenia udostępnienia wiedzy określonych jakościowo lub ilościowo od systemu zarządzania. Zmiana doboru użytych technik prezentacji, jak i ich dokładne parametry mogą być definiowane ręcznie lub automatycznie. Procedura **pr** dokonująca przydziału metod prezentacji do zleceń systemu można opisać funkcją w następujący sposób:

$$\begin{aligned} pr: Z \rightarrow 2^{MP}, ac(z): = \{o_i \in MP: \text{złożenie metod warstwy prezentacji } o_i \text{ daje efekt} \\ \text{równoważny z wykonaniem zlecenia } z, \text{ zgodnie ze specyfikacją} \\ Cap(x \in 2^{MP}) \equiv^{(6)} Req(z) \} \end{aligned} \quad (4.32)$$

gdzie:

$pr(z)$ – funkcja dokonująca przydziału metody prezentacji zależnie od zgodności uwarunkowań zadań i komunikatów zleconych z warstwy środowiskowej (z reguły zgodne z wymaganiami zadania roadmappingowego, np. czas realizacji, zakres, itp.)

$Req(z)$ – wymagania zlecenia z

$Cap(2^{MP})$ – możliwość realizacji danego zlecenia przez złożenie metod prezentacji

$\equiv^{(6)}$ - relacja (procedura) weryfikacji spełnienia wymagań zlecenia z

Sprawdzenie wymagań przyjmuje następującą postać:

$$Req: Z \rightarrow V^*_{MP}, Req(z) \in V^*_{MP} \quad (4.33)$$

Sprawdzenie możliwości realizacji zadania w obszarze parametrów przyjmuje postać:

$$Cap: 2^{MP} \rightarrow V^*_{MP}, Cap(x \in 2^{MP}) \in V^*_{MP} \quad (4.34)$$

Model dyskretny systemu hybrydowego przetwarzania informacyjnego

Mając na uwadze wprowadzone powyżej prawidłowości na każdej z wyszczególnionych warstw, system wspomagania decyzji statyczny można opisać w następujący sposób:

$$SWD_{static} := \{RMZ, Z, s, MAW, a, MPN, wa, MO, ga, MA, ac, MP, pr\} \quad (4.35)$$

Powyższy zestaw definicji pozwala w sposób uproszczony opisać zależności pomiędzy wszystkimi komponentami systemu wspomagania decyzji. Na podstawie przedstawionej zależności możliwe jest utworzenie architektury hybrydowego środowiska zgodnego z założeniami zawartymi w podpunkcie poprzednim oraz szczegółami implementacyjnymi zawartymi w dalszej części tego rozdziału.

W *Rozdziale trzecim* postuluje się dla architektury SWD możliwość adaptacyjności niektórych elementów składowych. Oznacza to, że jego elementy mogą zmieniać się w czasie (także mogą być tworzone nowe, np. widoki). Dynamiczny dobór metod szczegółowych przetwarzania informacji ma szczególne znaczenie w przypadku warstwy analitycznej oraz modelowania. Wybór pomiędzy różnymi wzorcami systemu wspomagania decyzji (*Rozdział drugi*) stanowi elastyczne rozwiązania reagowania na zmienne warunki otoczenia decyzyjnego. Powstaje wtedy możliwość utworzenia tzw. rozwiązania hybrydowego, tj. dynamicznego użytkowania w jednym czasie różnych konkurencyjnych wzorców i metod przetwarzania informacyjnego. Adaptacyjność możliwa jest przez zmianę zaangażowania metod w czasie, która w podstawowej konwencji jest zarządzana przez system środowiskowy oraz warstwę roadmappingu.

Zmiana w architekturze systemu jest wyzwalana przez szereg zdarzeń inicjowanych w warstwie roadmappingu. Incydenty te inicjowane są przez badanie zgodności realizowane procesu wspomagania decyzji z potrzebami informacyjnymi procesu. System może reagować na zaistniałe zdarzenia z wykorzystaniem tzw. akcji. Akcje zarządzane są przez warstwę środowiskową. Generowanie nowego zestawu akcji modyfikuje strukturę obecnie wykorzystywanych metod aktywowanych na poszczególnych warstwach, dodaje nowe lub usuwa zbędne metody z systemu (deaktywuje).

Występujące w systemie zdarzenia można zapisać w następujący sposób:

$$E := \{ev_i: i = 1, \dots, L\} \quad (4.36)$$

Spis zdarzeń podstawowych zawarto w poniżej w tabeli:

Tab. 4.2 Objaśnienie i interpretacja podstawowych zdarzeń.

Zdarzenie	Opis
początek procesu	proces decyzyjny jest rozpoczęty, zainicjuj metodę RM
zmiana wymogów procesu	proces monitorowania identyfikował zdarzenie zmiany wymogów procesu, konieczne jest rekonfiguracja zadań systemowych
zmiana dostępności zasobów	brak wystarczających zasobów informacyjnych, wymagana rekonfiguracja zadań systemowych
rozszerzenie procesu	zmiana zakresu procesu analitycznego, wymagana rekonfiguracja zadań systemowych
zmiana parametrów procesowych	brak wystarczających zasobów informacyjnych, wymagana rekonfiguracja zadań systemowych
specyfikacja partycji zadań	rozdzielenie zadań procesu RM na poszczególne zadania

Źródło: Opracowanie własne.

Występujące w systemie akcje można zapisać w następujący sposób:

$$A := \{acc_i: i = 1, \dots, N\} \quad (4.37)$$

Spis podstawowych zdarzeń zawarto w poniżej w tabeli:

Tab. 4.3 Objasnienie i interpretacja podstawowych akcji.

Akcje	Opis
generuj zestaw zleceń $z_k \in Z$ i rozdziel je do odpowiednich warstw	pierwotny podział zadania procesu RM na funkcjonalne zlecenia wysyłane do warstw
modyfikacja zlecenia	generowanie nowego zestawu zleceń, które są kierowane do zdefiniowanych warstw
modyfikuj parametry zlecenia	modyfikacja parametrów poszczególnych komponentów systemu, np. metody przetwarzania

Źródło: Opracowanie własne.

Zbiory akcji i zdarzeń mogą być rozszerzane w zależności od zapotrzebowania.

Wobec powyższego dynamiczne działanie SWD użytkującego można opisać w następujący sposób:

$$SWD_{dynamic}(t) = (SWD_{static}(t), A(t), E(t), \leq_A, \varepsilon)$$

$$SWD_{dynamic}(0) = (SWD_{static}(0)) \quad (4.38)$$

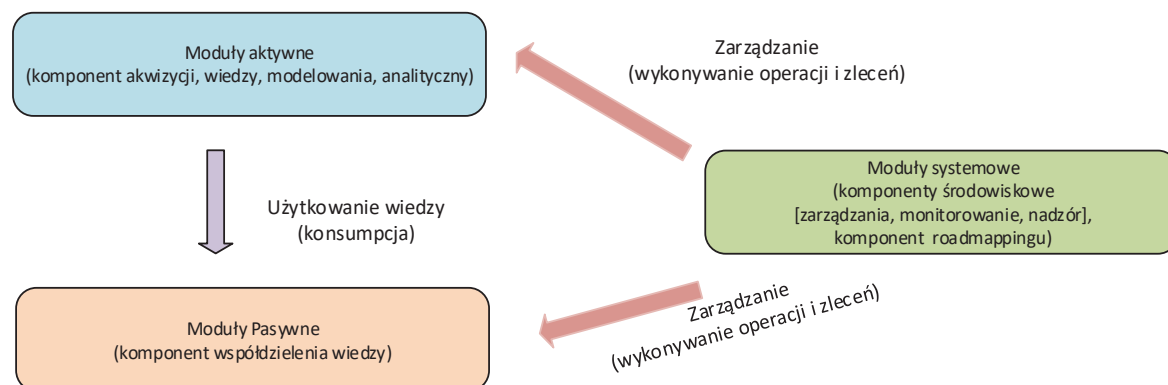
gdzie : ε -ograniczenia oraz zależności przepływów informacyjnych

Powyższy model zostanie zaimplementowany w rozwiązaniu SWD dedykowanemu transferowi technologii.

4.2 Projekt implementacji systemu wspomagania decyzji

Podrozdział ten zawiera podstawowe założenia projektowe architektury oraz opis implementacji systemu wspomagania decyzji w transferze technologii dla technologii informatycznych. W poprzednim punkcie przedstawiono ogólny model systemu oraz identyfikowano przepływy informacyjne pomiędzy zdefiniowanymi modułami w architekturze warstwowej. Wydzielenie modułów ma swoje uzasadnienie, ponieważ grupuje te elementy ze względu na ich cechy funkcjonalne. Funkcjonalny podział architektury sprzyja osiągnięciu elastycznego i rekonfigurowanego środowiska wspomagania decyzji (zgodne z założeniami *Rozdziału drugiego* oraz *Rozdziału trzeciego*). Rekonfiguracja systemu jest również możliwa na poziomie modułu (poprzedni podpunkt) przez dowolny dobór i zmianę parametrów metod użytkowanych przez daną warstwę. Uzyskana w ten sposób synergia procesów przetwarzania informacyjnego na każdej z faz procesu decyzyjnego pozwoli na zapewnienie odpowiedniego poziomu jakościowego analizy i syntezy problemu decyzyjnego, a także skalowalności i rozproszenia architektury pomiędzy wszystkie strony procesu decyzyjnego.

Model funkcjonalny powinien zostać podzielony na trzy klasy modułów: aktywne, systemowe oraz pasywne. Prezentacje wzajemnych interakcji zawarto na Rys. 4.3



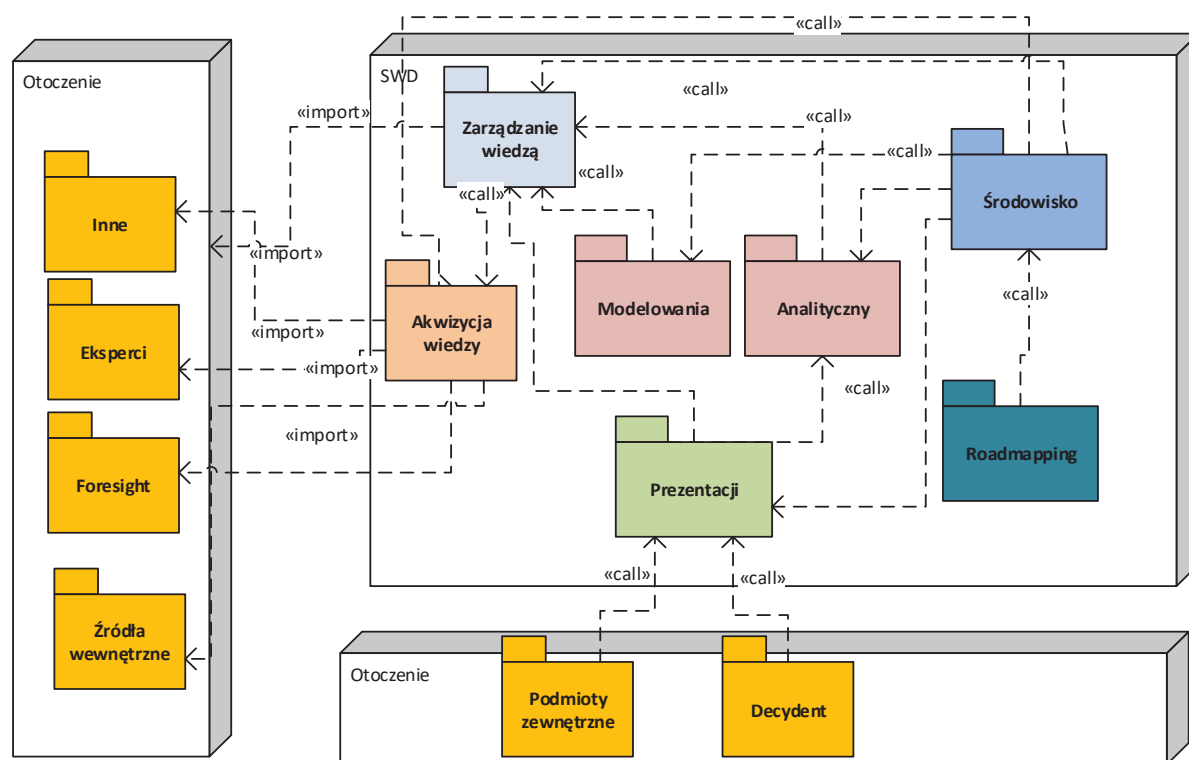
Rys. 4.3 Powiązania komponentów aktywnych, pasywnych i systemowych w SWD.

Źródło: Opracowanie własne.

Realizacja fizyczna w formie podziały na skomunikowane moduły pozwala również na utworzenie systemu w formie tzw. hierarchicznej struktury systemu wspomaganie decyzji (Rys. 4.4), co spełnia w pełni założenia aplikacyjne wskazane w *Rozdziale trzecim*. Konstrukcja modułowa umożliwia rozmieszczenie geograficznie poszczególnych komponentów. Mogą one współpracować ze sobą tworząc spójną wirtualną organizację dedykowaną procesowi wspomaganie decyzji. Monitorowanie na nadzór nad jakością przepływów informacyjnych staje się elementem systemowym SWD. Przykładowo proces akwizycji wiedzy może być zlecony podmiotom profesjonalnie zajmującym się realizacją tego procesu. Podmioty te z reguły funkcjonują w otoczeniu danego przedsiębiorcy, któremu oferują odpłatnie swoje usługi. Dostęp do ich wiedzy możliwy jest poprzez infrastrukturę SWD. Wiedza ta może być użytkowana na cele decyzyjne przez drugi podmiot. Realizacja architektury w formie modułów ułatwia konstruowanie wirtualnych organizacji składających się z wielu zaangażowanych podmiotów w proces planowania strategicznego i operacyjnego.

Dokonując odwzorowania przejętej kategoryzacji relacji zawartej na Rys. 4.3 oraz Rys. 4.4, można zaprojektować właściwą architekturę implementacyjną SWD, którą zawarto na Rys. 4.5.

Wskazana modułowa struktura bezpośrednio realizuje model warstwowy architektury oraz daje możliwość dowolnego rozszerzania systemu w różnych obszarach operacyjnych determinowanych przez potrzeby procesu decyzyjnego. Zgodnie z przedstawionym uprzednio modelem systemu moduły akwizycji, wiedzy, modelowania i analizy mogą być rozszerzane w czasie o dodatkowe metody przetwarzania wiedzy w całym cyklu życia systemu. Oznacza to, że dopuszcza się stosowanie wszystkich dostępnych technik służących odpowiedniemu przeprowadzenia procesu decyzyjnego. Działanie to jest szczególnie zauważalne w module analitycznym, zarządzania wiedzą oraz akwizycji wiedzy. Dodatkowo teza rozprawy (*Rozdział pierwszy*) definiuje rozwiązanie hybrydowe wzorców metod wspomagania decyzji (zdefiniowane w *Rozdziale drugim*). Pojęcie hybryda będzie definiowane jako połączenie kilku metod celem osiągnięcia zdefiniowanego celu procesowego. Model użytkowy dopuszcza swobodne łączenie metod wspomagania podejmowania decyzji, np. model-driven, knowledge-driven, itd. Uzyskując tzw. efekt synergii. Zastosowanie hybrydy różnych technik i metod dostępnych dla SWD oraz możliwość ich dowolnego zestawiania, stanowi zasadniczą zaletę proponowanej implementacji SWD. Poniżej dokładnie przedstawiono i omówiono poszczególne moduły systemu.



Rys. 4.5 Architektura SWD opartej na roadmappingu technologicznym (diagram komponentów).
Źródło: Opracowanie własne.

4.2.1 Moduł roadmappingu

1. Definicja modułu

Moduł roadmappingu jest odpowiedzialny za właściwe przeprowadzenie i wdrożenie roadmappingu jako ram procesu wspomagania decyzji (logistycznie, *Rozdział trzeci*). Proces decyzyjny RM opiera się na realizacji schematu składającego się z czterech faz. Najważniejsze fazy procesu z punktu widzenia decyzyjnego to druga i trzecia, które zmierzają odpowiednio do konstrukcji modelu oraz analizy i wydania rekomendacji. Proces całościowo pełni nadzór na wieloma komponentami pasywnych i aktywnych, które realizują zadaniowo powierzone im funkcje:

- akwizycja danych, informacji i wiedzy – pozyskanie odpowiednich źródeł zasobów informacyjnych, następnie ich katalogowanie na potrzeby procesu decyzyjnego,
- analizy oraz syntezy – tworzenie modeli zagadnienia problemowego AADTP przez akwizycję wiedzy pochodzącej z heterogenicznych źródeł, jej przetworzenie w jednorodną formę, a finalnie jej globalną syntezę,
- decyzyjny – analiza diagramu DRM przez dedykowane algorytmy optymalizujące strukturę z preferencjami decydentów, dyskusja, modyfikacja oraz zatwierdzenie kompromisowego rozwiązania problemu.

Kontrola i monitorowanie postępów realizacji procesów dla poszczególnych faz ma konstruktywne znaczenie dla realizacji procesu decyzyjnego w zdefiniowanych ramach funkcjonalnych, jakościowych i czasowych.

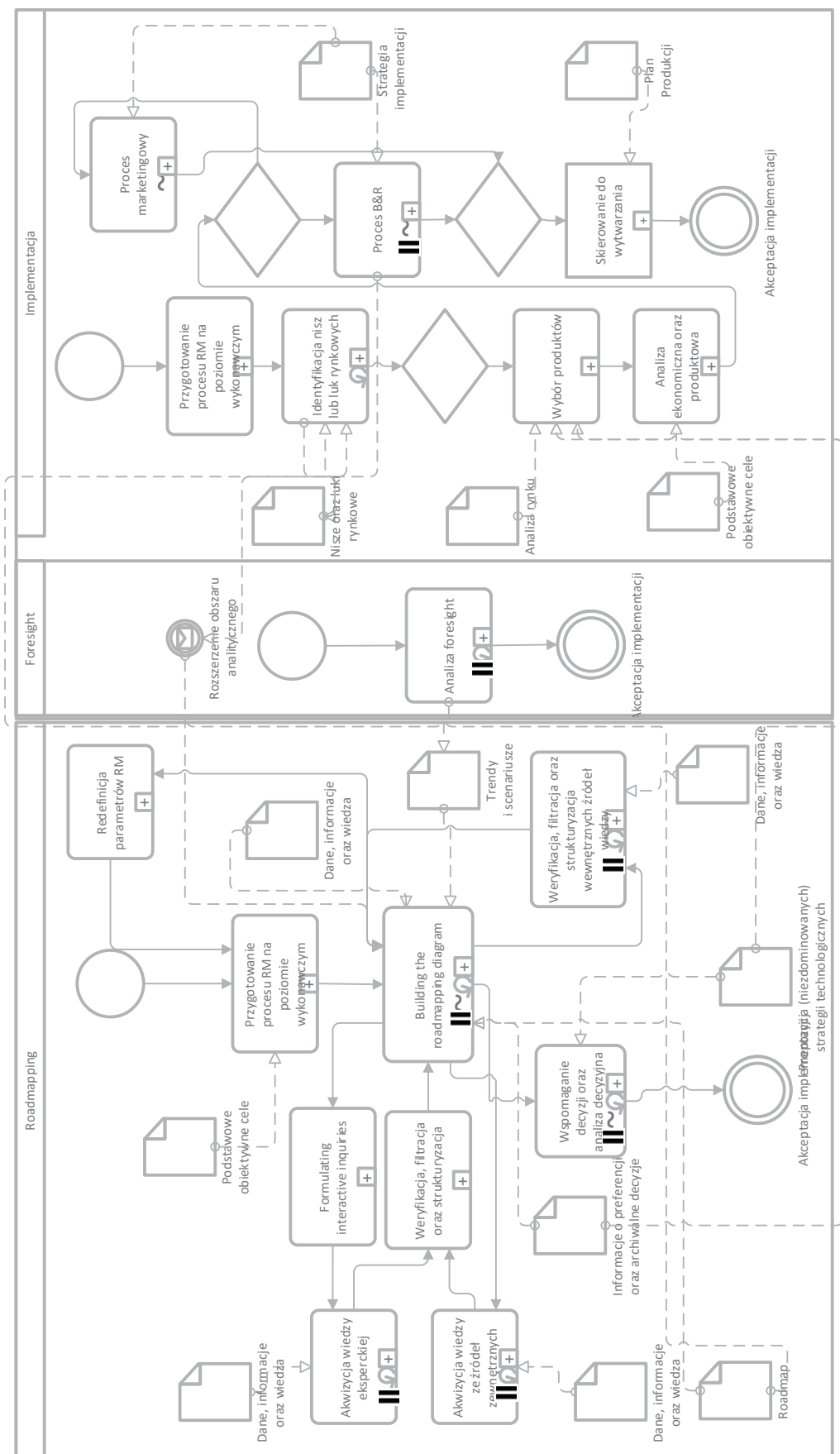
2. Aspekty projektowe modułu roadmappingu

Nie istnieją dwa identyczne procesy RM, a każdy podmiot wymaga indywidualnego podejścia wdrażania metody wspomagania decyzji. Podstawy procesu zostały już szczegółowo omówione w Rozdziale drugim. Dla procesu RM w literaturze (np. [203]) proponuje się wyróżnienie czterech zasadniczych faz:

- Faza I: działania wstępne,
- Faza II: budowa MD,
- Faza III: tworzenie raportu wraz z rekomendacjami oraz opracowanie szczegółowego planu wdrożenia uzyskanych rezultatów,
- Faza IV: działania uzupełniające.

Każda z powyższych faz została dokładnie opisana przez autorów tworząc na tyle ogólne procedury, które umożliwiają elastyczną implementację metody w prawie każdym podmiocie. Na przestrzeni lat wskazane podstawowe wytyczne ewoluowały między innymi pod wpływem takich osób jak: Phaal, Farrukh i innych, gdzie ewolucje tych zmian można prześledzić w pracach [55, 210, 245]. W kontekście niniejszej pracy wdrożenie RM opisano w *Rozdziale pierwszym* i w *Rozdziale drugim*. Wdrożenie procesu RM w organizacji, powinno przyjąć formę systematycznego samodoskonalenia poprzez monitorowanie rezultatów, analizę, planowanie zmian oraz finalnie - modyfikację procesu. Brak dopasowania lub błędna implementacja metody wg Strauss i Radnor [246], może spowodować porażkę użytkowania metody i zaprzestanie jej wykorzystywania. Ponadto, Phaal i in. [44, 199, 204] zauważają jak wiele korzyści dla podmiotów wprowadza wprowadzenie metodologii RM w sposób kompleksowy, niż osiągnięcie wyłącznie częściowych celów decyzyjnych. Wdrożenie RM w organizacji, stanowi wdrożenie całej filozofii myślenia o przyszłości w kontekście wdrażania i obrotu technologiami.

Poglądowe schematy interakcji pomiędzy wymienionymi powyżej komponentami zaprezentowano na Rys. 4.6. Wskazana powyżej architektura systemu powinna wspomóc identyfikację i analizę zależności występujących w modelowanym problemie, przez wykorzystanie dedykowanych komponentów wspomagających komunikację i interakcję podmiotów zaangażowanych w proces. Wynik tych prac dokonywany jest z reguły w sposób heurystyczny. Zaprezentowane podejście pozwala na ujęcie całego procesu wspomagania decyzji w sposób systemowy i umożliwi w sposób algorytmiczny wyspecyfikowanie proceduralne elementów behawioralnych istotnych dla procesu. Zarządzanie i monitorowanie tymi procesami stanowią najważniejsze zadanie dla tego modułu.



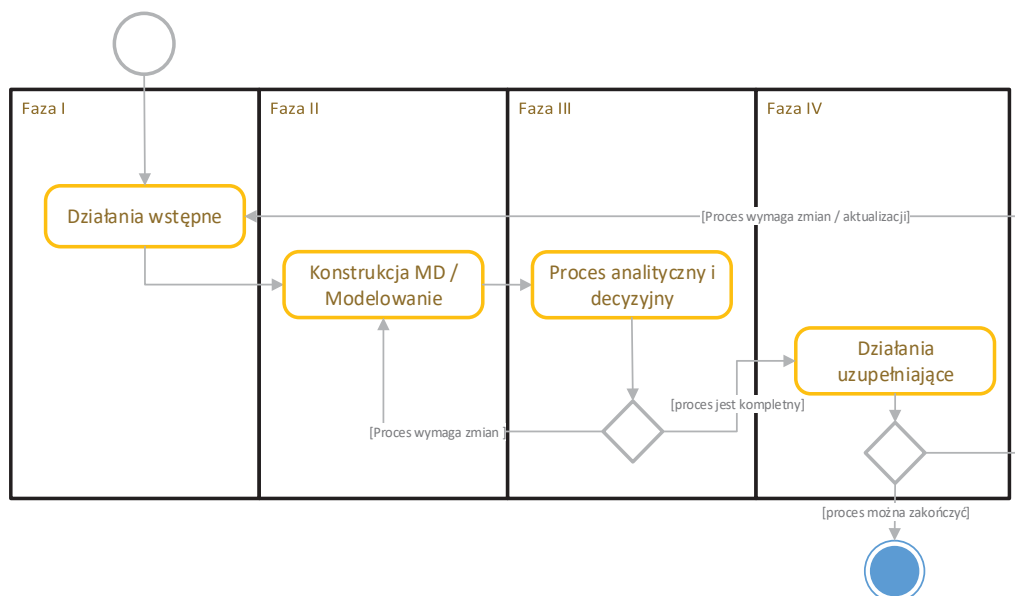
Rys. 4.6 Koncepcja konstrukcji systemu wspomagania decyzji w oparciu o metodę roadmappingu technologicznego.

Źródło: Opracowanie własne, diagram BPMN dla TRM typu AADTP.

Wytyczne związane z implementacją wskazywanych uprzednio funkcjonalności delegowanych modułowi decyzyjnemu zostały podane w *Rozdziale trzecim* dedykowanym wskazanym zagadnieniom RM, typu AADTP. Roadmapping należy postrzegać jako dojrzałą metodę analityczną o bogatym dorobku merytorycznym i praktycznym. W pracach wielu autorów można spotkać jedynie niewielkie wskazówki sugerujące, jak wdrażać ten proces. W rozprawie rozwinięto powyższe wątki definiując całkowicie nowe podejście do realizacji tego typu problemów. Kreowanie spójnej strategii i planu operacyjnego w sferze technologicznej wymaganej integracji wiedzy, często z różnorodnych źródeł (w sensie Larsson i in. [52]). Nadmiarowość informacyjna uznawana jest za pozytywny czynnik realizacji procesu. Podobnie Petrick i Echols [37], postrzega RM jako narzędzie integracji wiedzy w celu jej efektywnej analizy na kolejnych etapach procesu decyzyjnego. Autor, w tym kontekście, wskazuje na możliwość użytkowania rozwiązań programowych wspierających tworzenie diagramów RM, tzw. software-based roadmapping. z drugiej strony, RM jest całościowym schematem podejmowania decyzji dla zagadnień niepewnych, który w sposób elastyczny dostosowuje się do potrzeb prawie każdej organizacji. Wyprecyzowanie kompletnego procesu RM tak, jak to pokazano w *Rozdziale siódmym*, pozwala na utworzenie elastycznego środowiska podejmowania decyzji, a tym samym modułu decyzyjnego. Czynnikiem decydującym o efektywności wskazanej metody jest kompleksowe wsparcie procesu tworzenia diagramów RM. Interakcja pomiędzy poszczególnymi aktorami procesu w przekonaniu DeGregorio [50], powinna zostać zacieśniona. W przypadku wsparcia procesów biznesowych przez systemy informatyczne, istotny staje się feedback ze strony organizacji. System informatyczny winien wspomagać proces RM na każdym z etapów, tj. przygotowanie procesu, tworzenie diagramu i analizę. Większość dostępnych współcześnie rozwiązań realizuje jedynie funkcję wspomagającą tworzenie diagramów. W tym kontekście odwołać się można do prac, między innymi Hakkarainen i Talonen [247], Kappel [222]. W przekonaniu DeGregorio [50] powinna nastąpić intensyfikacja prac związanych z rozwinięciem jego podstawowej funkcjonalności, wspierana przez rozwiązania programowe. W rozprawie proponuje się dostarczenie funkcjonalności pozwalających na automatyczne tworzenie wymaganych elementów modelu. Wskazane składniki mogą pomóc we wstępnym przetwarzaniu dużych woluminów wiedzy pozwalającej na pełniejszy opis różnych zjawisk występujących w otoczeniu ekonomicznym, społecznym, inne, np. zachowanie rynku.

3. Implementacja modułu roadmappingu

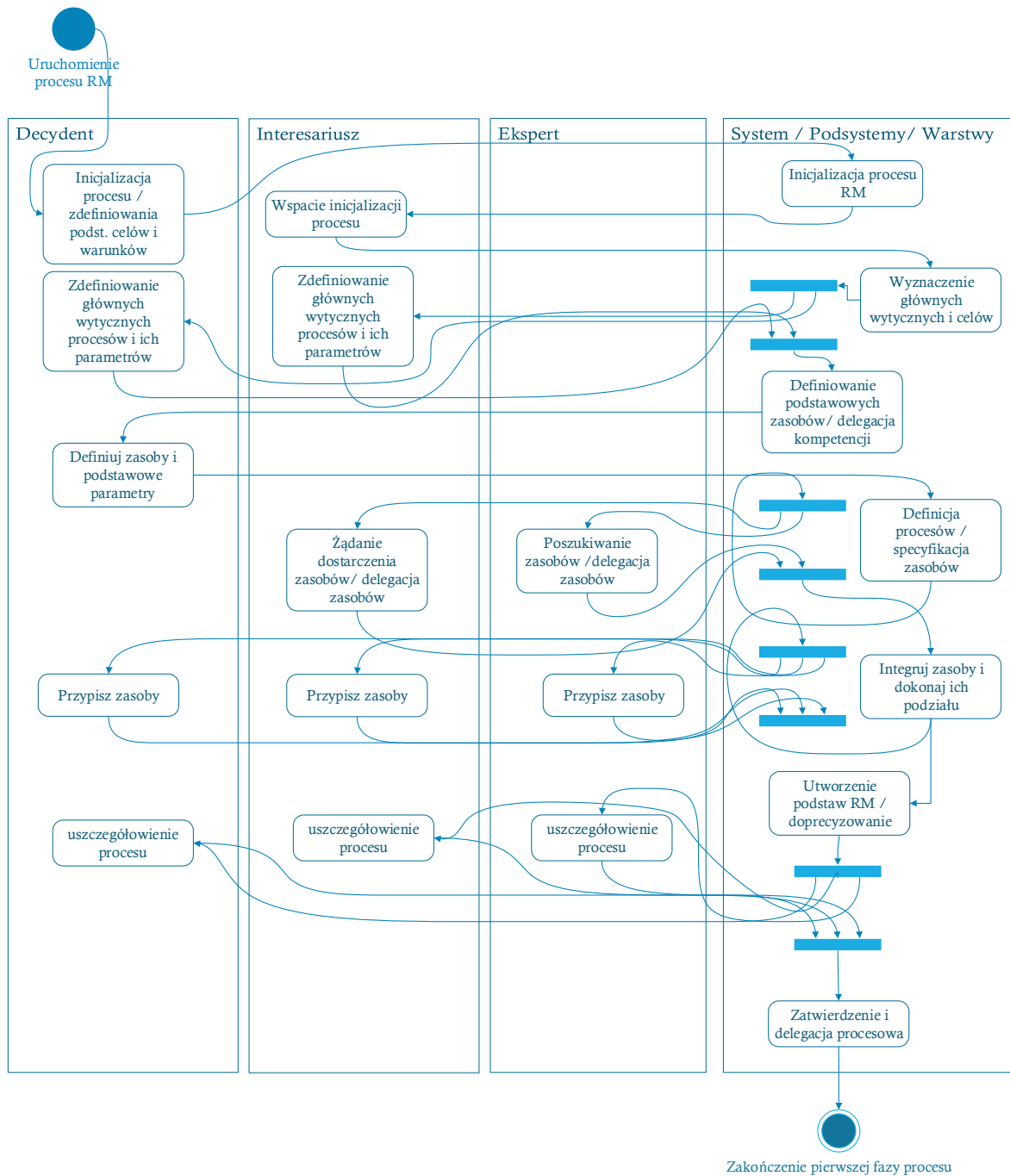
Moduł roadmappingu zaimplementowano w oparciu o platformę aplikacji webowych Microsoft SharePoint. Środowisko Sharepoint w kontekście SWD, będzie użytkowane głównie do wsparcia procesów pracy grupowej na poziomie ekspertów (logistycznym i organizacyjnym). Oprogramowanie ma na celu sprawne zarządzanie projektem decyzyjnym oraz utworzenie i aktualizację (konserwację rezultatów) diagramu roadmappingowego. Wskazane środowisko programistyczne, w znacznym stopniu pomaga we wdrożeniu procesu RM zgodnie z przesłankami AADPT zawartymi w rozdziale drugim i trzecim niniejszej pracy. Sharepoint tworzy według predefiniowanego schematu operacyjnego RM workflow, dokonując podziału zadań na części składowe, następnie oddelegowuje je do poszczególnych osób i grup zadaniowych. Wskazane schematy operacyjne zaproponowano w *Dodatku 0.1*. Moduł decyzyjny częściowo wykorzystuje metody modułu wizualizacji niezbędne do interakcyjnego tworzenia diagramów przez grupy zadaniowe. Zgodnie z przypisanymi schematami interakcji powiązanej z konkretnymi czynnościami, system automatycznie rozdziela i transferuje zadania do odpowiednich osób. Schematy zarządzania grupami mogą przyjąć złożoną strukturę, zależnie od instytucji je wdrażającej.



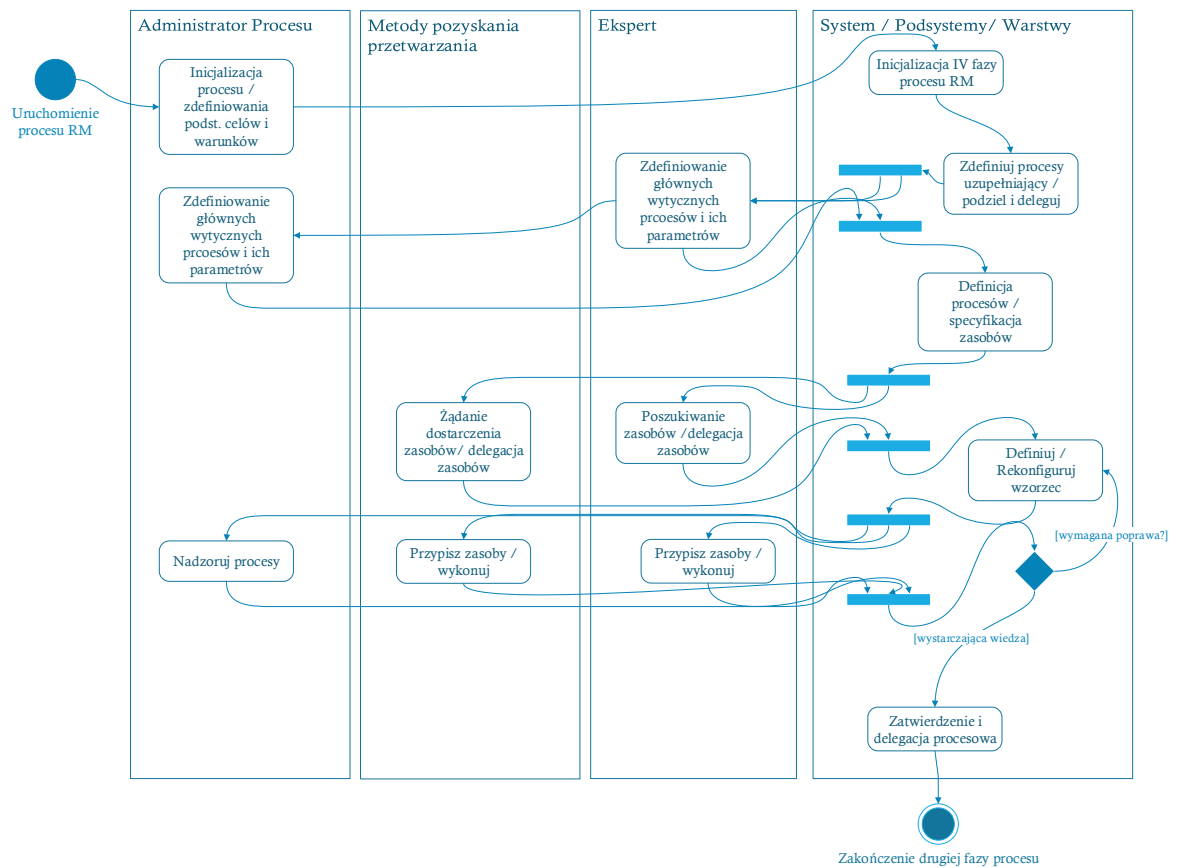
Rys. 4.7 Architektura procesu wspomagania decyzji opartego o roadmapping.
Źródło: Opracowanie własne (diagram aktywności UML).

Zaprogramowanie dedykowanych mechanizmów przepływu pracy w środowisku SharePoint pozwala na tworzenie złożonych aplikacji wspierających krytyczne procesy biznesowe powiązane z implementacją roadmappingu. Ogólny mechanizm przepływu pracy zgodny z modelem wykonawczym zawartym w punkcie 4.2 tego Rozdziału przedstawiono na Rys. 4.7 oraz kolejno na Rys. 4.8, Rys. 4.9, Rys. 4.10 i Rys. 4.11. Ponadto, Sharepoint może pełnić rolę platformy deweloperskiej, za pomocą której webmasterzy mogą rozbudowywać (nadbudowywać) aplikacje dedykowane danej implementacji procesu RM. Monitorowanie i zarządzanie procesowe stanowi zakres pracy tego modułu. Aplikacja wspiera wdrożenie procesu opartego o różne metody komunikacji i koordynacji grupowej wśród wszystkich stron zaangażowanych w proces. Platforma dysponuje ponadto wieloma dodatkowymi narzędziami, które przy odpowiednim oprogramowaniu mogą być wykorzystane do zarządzania treścią w danym podmiocie, być wsparciem pracy grupowej z wykorzystaniem narzędzi obiegu dokumentów oraz informacji, kontroli procesów, itp.

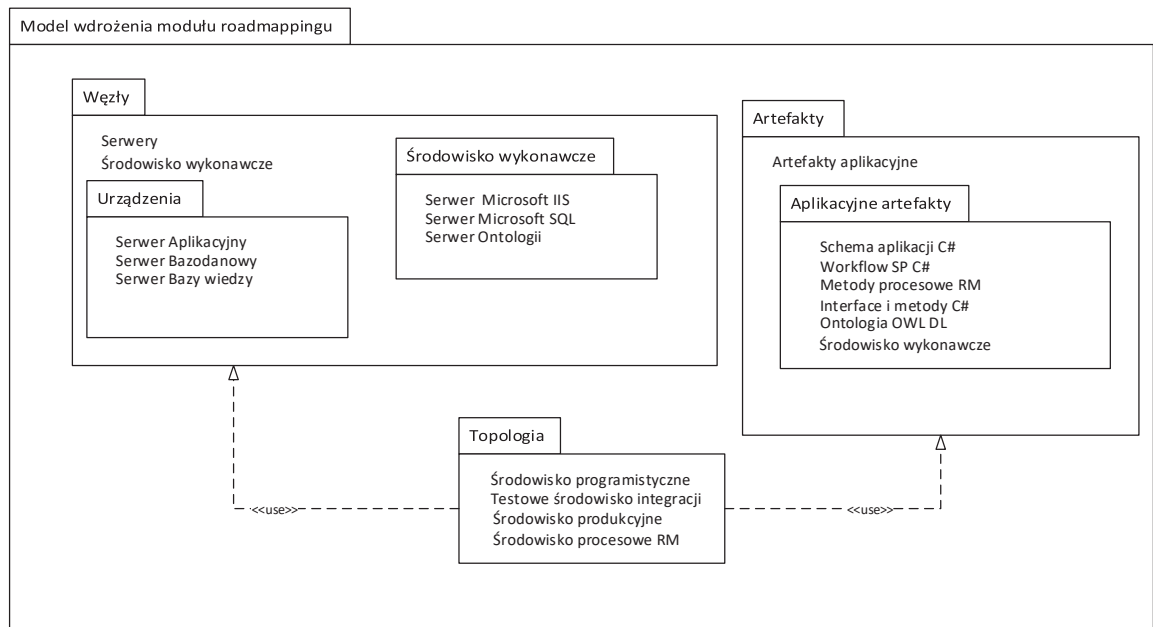
Finalnie warstwę roadmappingu zaimplementowano zgodnie z diagramem komponentów zawartym na Rys. 4.12.



Rys. 4.8 Architektura procesowa dla pierwszej fazy procesu wspomagania decyzji /RM.
Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.11 Architektura procesowa dla czwartej fazy procesu wspomagania decyzji / RM.
Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.12 Koncepcja implementacji warstwy roadmappingu.
Źródło: Opracowanie własne.

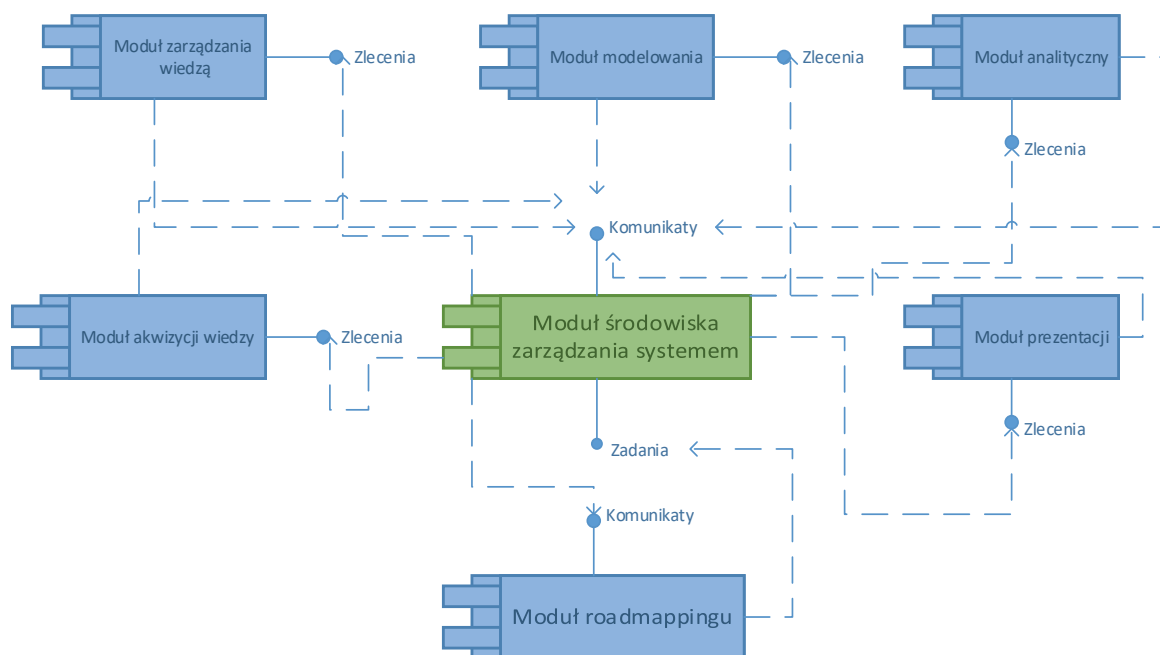
4.2.2 Moduł środowiska zarządzania systemem

1. Definicja modułu

Moduł środowiska zarządzania systemem pełni rolę fizycznego łącznika pomiędzy wszystkimi komponentami systemu. Można określić go mianem środowiska operacyjnego systemu wspomagania decyzji. Realizuje dwie zasadnicze funkcje: komunikacji (koordynacji i monitorowania) i uruchomieniową dla innych modułów. Pozwala również na dekompozycję niskopoziomową zadań komponentu roadmappingowego na zlecenia kierowane do poszczególnych modułów. Jest również odpowiedzialny jako element służący integracji hierarchicznej architektury systemu.

2. Aspekty projektowe modułu środowisk

Proces projektowania modułu środowiskowego jest specyficznym zadaniem, z uwagi na fakt że element ten powinien pełnić funkcje środowiska niskopoziomowego dla procesów identyfikowanych w systemie wspomagania decyzji. Zarządzanie, koordynacja i monitorowanie zadań zleconych innym modułom staje się podstawową funkcjonalnością tej warstwy. Umieszczenie tego modułu w architekturze SWD zawarto na Rys. 4.13. Moduł ten łączy wszystkie komponenty architektury w jednym spójnym środowisku, gdzie można wyróżnić elementy oprogramowania i sprzętowe. Te wymienione części pozwalają na dostarczenie odpowiednich metod integrujących i wykonawczych innym modułom.

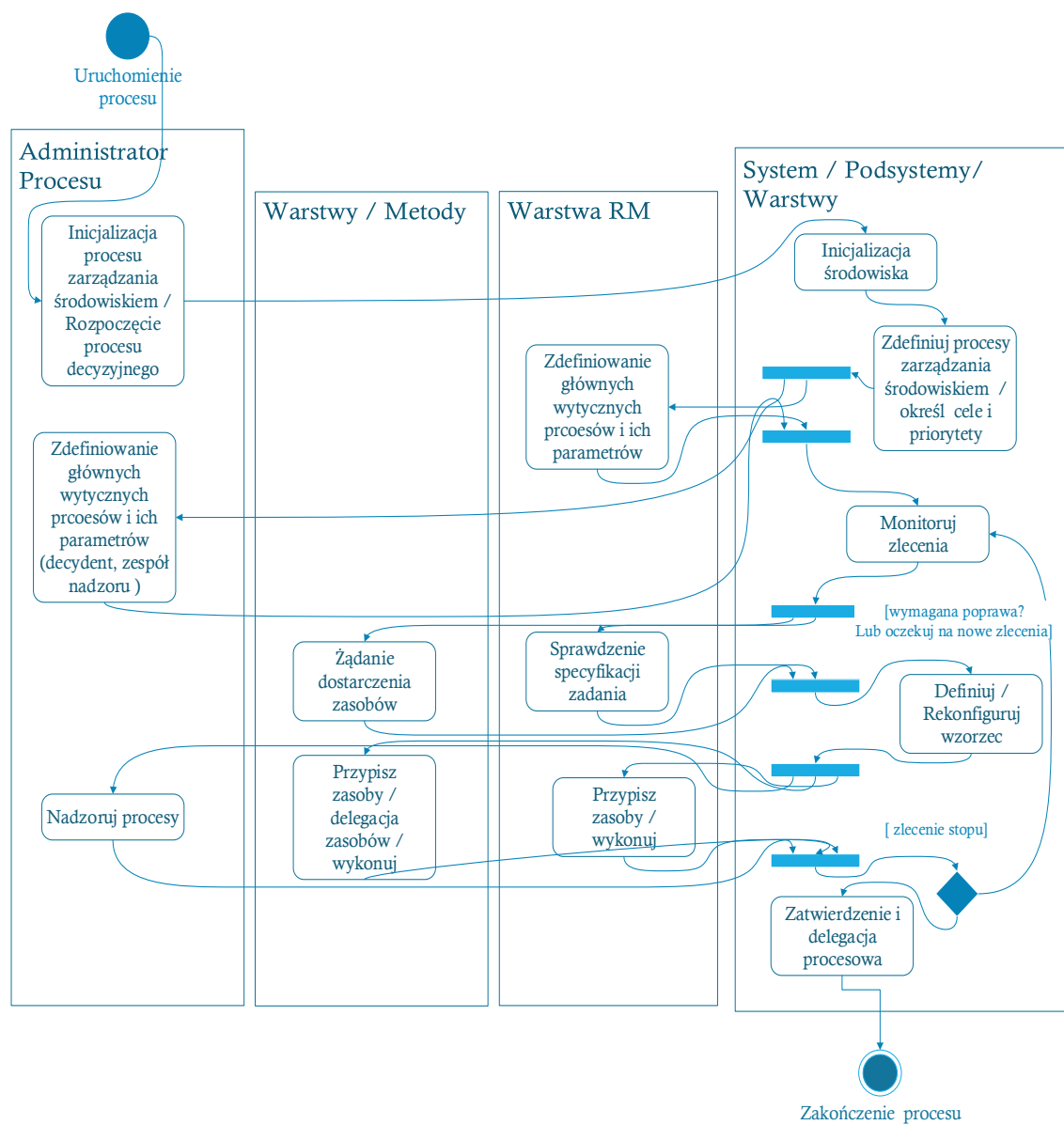


Rys. 4.13 Architektura komunikacji warstwy środowiska zarządzania systemem z innymi modułami.

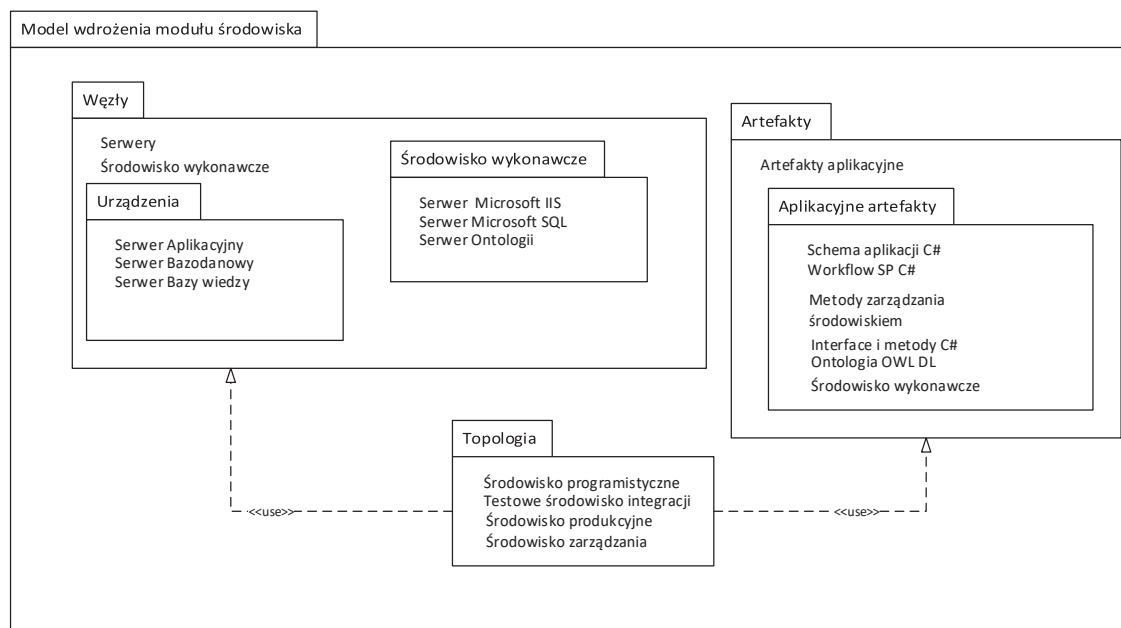
Źródło: Opracowanie własne, (diagram komponentów, UML).

3. Implementacja Modułu środowiska

Moduł środowiska zarządzania systemem zaimplementowano w oparciu o platformę Microsoft SharePoint. Jest to elastyczne środowisko webowe pozwalające na tworzenie rozwiązań od podstaw w oparciu o dostępne narzędzia programowe. Dobra skalowalność pozwala na wdrażanie dużych rozwiązań rozproszonych geograficznie. Architekturę uzupełniono również o dodatkowe zaimplementowane metody i mechanizmy procesowe. Zastosowanie tej platformy pozwala na integrację w sposób całościowy rozproszonej i heterogenicznej infrastruktury. Koncepcję procesową funkcjonowania tego modułu przedstawiono na Rys. 4.14.



Rys. 4.14 Architektura procesowa warstwą środowiska zarządzania systemem.
Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.15 Koncepcja implementacji warstwy środowiska.
Źródło: Opracowanie własne.

4.2.3 Moduł akwizycji wiedzy

1. Definicja modułu

W poprzednim punkcie wskazano, że moduł decyzyjny wymaga dostępu do zasobów wiedzy. W poczet ich można zaliczyć, między innymi: ekspercką wiedzę formalną i nieformalną, rezultaty programów foresight, dane oraz informacje gromadzone przez instytucje prywatne i państwowe, istotne informacje zawarte na stronach internetowych lub serwisach społecznościach, itd. Transfer technologii jest obszarem dość specyficznym, z uwagi na dynamiczną i ciągłą konieczność modelowania przyszłych zachowań konsumentów, zmian otoczenia gospodarczo-prawnego, a także prognozowania ewolucji technologii. Na etapie dokonania fuzji wiedzy oraz właściwego kreowania diagramów RM, eksperci powinni mieć dostęp do zasobów zawierających istotny potencjał informacyjny na temat modelowanego zjawiska. Wobec powyższych uwarunkowań operacyjnych oraz zapotrzebowania modułu decyzyjnego na specyficzny zakres tematyczny wiedzy, konieczne było utworzenie w architekturze odpowiedniego komponentu pozyskiwania wiedzy.

Głównym zadaniem stosowania modułu akwizycji wiedzy, staje się odpowiednie pozyskanie informacji niezbędnej do celów decyzyjnych. Proces pozyskania może być działaniem ciągłym lub ad-hoc realizowanym na konkretne zapotrzebowanie modułu decyzyjnego (determinują go głównie eksperci). Akwizycje wiedzy należy rozpatrywać w kontekście trzech zasadniczych: właściwej identyfikacji zasobu (zasadność, użyteczność), odpowiedni dobór techniki pozyskiwania (metody) oraz umiejętne wstępne przetworzenie wiedzy (możliwość ew. filtrowania lub wzbogacenia). Pozyskiwana wiedza powinna się charakteryzować cechami aktualności, kompletności oraz istotności dla procesu podejmowania decyzji.

2. Aspekty projektowe Modułu akwizycji wiedzy

Proces RM jest zagadnieniem wymagającym dobrej podstawy informacyjnej, tj. danych statystycznych, raportów, ekspertyz, trendów technologicznych lub innych informacji istotnych (informacje o nowych technologiach lub kierunkach badań). Proces ten dodatkowo bazuje na fuzji wiedzy dokonywanej przez zespoły ekspertów. Eksperci modelują dynamikę SI nie tylko w oparciu o posiadaną własną wiedzę, lecz bazują także na dostarczonych innych zasobach. Efektywność metody RM, w znacznym stopniu zależy od dodatkowych informacji użytkowych w przedmiocie analizy. Ten pogląd potwierdzają prace, między innymi Blackwell i in. [40], Holmes i in. [198], Strauss i Radnor [246], Petricka i Echols [37]. W przekonaniu Duckles [248], efektywność tego

procesu zależy również od czynności związanych z aktualizacją tych informacji, a tym samym diagramu roadmappingowego.

Hendriks [249] zauważa, że nowoczesne technologie ICT wpływają pozytywnie na proces pozyskiwania i współdzielenia wiedzy w każdej organizacji. Podobny pogląd w kontekście roadmappingu podzielał Duckles [248]. Użytkowanie nowoczesnych technologii oraz metod aktywnej akwizycji wiedzy wspomaga proces tworzenia diagramów roadmappingowych. Współczesne dostępne narzędzia dedykowane RM, jak VisionMap [50], DialogoS+[41], GMS skupiają się jedynie na procesie tworzenia diagramów roadmappingowych, lecz zaniedbują całkowicie kwestie pozyskania niskopoziomowych źródeł informacyjnych.

W rozprawie zaproponowano utworzenie modułu dedykowanego zagadnieniu gromadzenia danych, informacji i wiedzy na potrzeby decyzyjne. Problemy wynikające z wdrożenia metody roadmappingu mogą częściowo wynikać z trudności z dostępem do odpowiednich źródeł informacyjnych. Wskazane przykłady są identyfikowane w pracach dotyczących, między innymi roadmappingu Guo [250], związanego z metodami kreatywności [251].

Korzystając z metod dostarczonych przez współcześnie dostępne techniki ICT, możliwa jest konstrukcja modułu akwizycji wiedzy realizującej powyższe postulaty. Automatyzacja wymiany wiedzy nie jest novum w tym zakresie, lecz posiada dobrze wykształcone podstawy merytoryczne. Warto zwrócić uwagę na modele sieci semantycznych dostarczających odpowiednich metod, np.: współdzielenie informacji w sieciach społecznościowych [252], implementacja wielojęzycznej rozległej sieci semantycznej [253], akwizycja wiedzy w środowisku sieci społecznościowych [254], czy rozwiązania agentowe dedykowane akwizycji wiedzy w środowisku internetowym [255], wyszukiwanie wiedzy w Internecie z wykorzystaniem agentów [256], czy dokonywanie właściwego opisu stron www wraz z ich dynamiką [257], a także rozwiązania oparte o koncepcje tzw. Webclawlerów, zmierzające do systematycznego przetwarzania informacji gromadzonych w Internecie przez różnego rodzaju boty indeksujące treści (np. analiza blogów pod kątem budowy modeli podażyowych) [258], [259]. Wskazana koncepcja może ewoluować w stronę środowiska monitorującego otoczenie podmiotu (zbliżone rozwiązanie do [260]). Istotne informacje na temat webclawlerów można znaleźć, między innymi w pracach Brügger [261], Pant i in. [262] i wielu innych. Wiedza pozyskiwana w sposób autonomiczny może być również wspomagana przez zastosowanie szeregu metod sztucznej inteligencji, np. sieci neuronowych, SVM, itd. (prop. [263]). Wszystkie przytoczone powyżej rozwiązania pozwalają na dostęp do treści zgromadzonej w rozproszonym i heterogenicznym środowisku internetowym. Ze względu na rozległy charakter niniejszej pracy konieczne jest ograniczenie tego wątku i dokonanie wyboru kilku technik, celem demonstracji proponowanej konstrukcji architektonicznej modułu akwizycji wiedzy.

3. Implementacja Modułu akwizycji wiedzy

Moduł ten zgodnie z paradygmatem użytkowania otwartych standardów, będzie implementowany w konwencji otwartego środowiska. Umożliwi to w przyszłości dowolne rozszerzenie dostępnych dla systemu metod niezależnie od platformy. Wskazane podejście jest osiągalne wyłącznie w przypadku zastosowania budowy modułowej dla akwizycji wiedzy. Rozważa się w tym przypadku konstrukcję architektoniczną, podzieloną na dwa zasadnicze komponenty funkcjonalne:

- biblioteki metod - zawierające predefiniowane metody aktywnego gromadzenia i przetwarzania zasobów informacyjnych w środowiskach heterogenicznych,
- środowiska aktywacji metod - pozwalające na uruchomienie danej metody akwizycji wiedzy.

Biblioteka metod akwizycji dostarcza potencjalnemu użytkownikowi dostęp do następujących metod: wyszukiwania adekwatnych technik akwizycji dla aktualnie rozpatrywanego problemu decyzyjnego, transferu użytecznych technik do środowiska aktywacji. W tej konwencji to decydent definiuje zakres przedmiotowy interesującego go zagadnienia informacyjnego. Przykładem wskazanych metod będzie, między innymi: analiza delficka implementowana z wykorzystaniem technologii webparts lub metody bazujące na koncepcji webcrawlera, gromadzące dane z sieci internetowej (np. Eurostatu). Metody te nie tylko mogą przebierać formę aktywnego komponentu

gromadzące dane, lecz również mogą przetwarzać zgromadzone informacje (np. modele trendów, modele prognostyczne, itp.) w użyteczne modele dynamiki SZD.

Wybrane metody zostają transferowane do środowiska wykonawczego, gdzie następuje definicja parametrów startowych poszczególnych metod akwizycji. W przypadku poprawnego zdefiniowania parametrów, następuje uruchomienie wskazanej metody akwizycji. Każda z metod uruchomiona w środowisku aktywacji ma dostęp do modułu wiedzy za pośrednictwem dedykowanych interfejsów, gdzie następuje składowanie pozyskanej lub przetworzonej wiedzy. Przykładową interakcję poszczególnych komponentów przedstawiono na Rys. 7.8.

Wyżej wymienione metody i techniki przedstawiono wyłącznie w formie propozycji, które finalnie mogą służyć budowie adekwatnej architektury SZW na potrzeby roadmappingu oraz metod transferu technologii. W tym kontekście ważna jest identyfikacja istotnych problemów technicznych:

- dostarczenie metod pozyskiwania wiedzy na cele decyzyjne (np. autonomiczne).
- sposoby integracji wymaganej wiedzy w procesie decyzyjnym (synteza lub fuzja wiedzy).
- współdzielenie wiedzy w środowisku decyzyjnym i ponowne jej wykorzystanie (osiągnięcie efektywności skali).
- ewolucja wiedzy (rozwój oraz tworzenie nowej wiedzy).

Odnosząc się do problemu pierwszego, czyli pozyskiwania wiedzy, warto zwrócić uwagę, że podstawą syntezy roadmappingu staje się informacja: formalna i nieformalna. Eksperci do swojej pracy w metodzie RM, wymagają dostępu do danych oraz informacji, np. raportów, analizy, efektów badań foresight. Aby zapewnić to tym grupom wymagany jest dostęp do tzw. Wiedzy na niskim poziomie, tzn. takiej, która może być przedmiotem przetwarzania różnych systemów autonomicznych dokonujących akwizycji i przetworzenia wiedzy. Wiedza może być integrowana na poziomie właściwego kreowania diagramów roadmappingowych, gdzie technicznie postrzega się ją jako całościowy proces integracji ontologii. Oznacza to bezpośrednio łączenie kilku istniejących ontologii w jedną nową spójną całość. Finalny odbiorca uzyskuje dostęp do spójnej ontologii składającej się z wielu hierarchicznych komponentów wiedzy. Te komponenty mogą stać się przedmiotem dalszych operacji na poziomie konsument i producenci wiedzy. Dekompozycję większej struktury ontologicznej na mniejsze fragmenty operacyjne, należy rozpatrywać w kategoriach procesu modularyzacji wiedzy. Termin modularyzacja w prezentowanym kontekście, to podział ontologii na logiczne moduły funkcjonalne, które mogą podlegać procesom wymiany, integracji lub przetwarzania. W przypadku odpowiedniej integracji tych zasobów w jedną spójną całość, będą stanowiły adekwatny opis badanego obrazu świata zagadnienia problemowego. Budowa hierarchicznych struktur sprzyja również dostarczeniu mechanizmów wnioskowania ułatwiających automatyzację niektórych czynności. W kontekście integracji ontologii, warto zwrócić uwagę na pracę Doer i in. [264], Buccella i in. [265] oraz Kutz i in. [266].

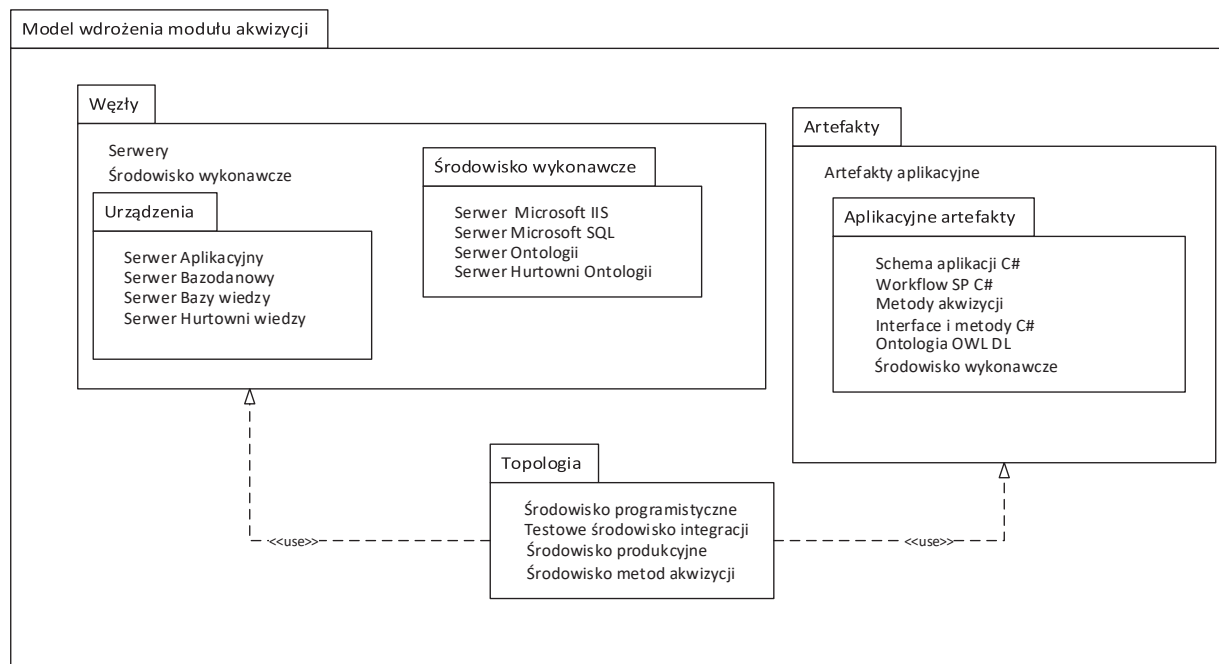
Zintegrowana wiedza tworząca spójną oraz przetworzoną formę, powinna się stać przedmiotem obrotu w środowisku decyzyjnym. Problem współdzielenia wiedzy i jej ponownego użycia leży u podstaw konceptu ontologii, upatrując w nim źródło oszczędności zasobów operacyjnych oraz pamięciowych. Problem ten był głównie identyfikowany w zagadnieniach, gdzie istniały już ekstensywne fragmenty wiedzy zgromadzonej w komponentach. Części tych komponentów posiadały wysokie walory uniwersalne, a zatem można je było w łatwy sposób współdzielić. Dla przykładu, Perez i Benjamins [267] we wspomnianym kontekście współdzielenia komponentów dokonał podziału na: ontologie reprezentacji wiedzy, ogólne ontologie (*general / common ontologies*), ontologie top-level (*top-level ontology*), meta-ontologie (*meta-ontology*), ontologie dziedzinowe (*domain ontology*), ontologie lingwistyczne (*illustrative linguistic*), ontologie zadaniowe (*task ontology*), ontologie dziedzinowe zadaniowe (*domain-task ontology*), ontologie metod (*method ontologies*), ontologie aplikacyjne (*application ontologies*).

Kategoryzacja ontologii wprowadzona przez Pereza, uświadamia potencjalnemu użytkownikowi szerokie spektrum użytkowania ontologii w złożonych środowiskach aplikacyjnych. Prezentowane podejście techniczne ma swoje ograniczenie związane z efektywnością przeszukiwania rozległych środowisk, celem łączenia i współdzielenia wiedzy. W tym kontekście można się odwołać do prac Urscholda i Gruuninger [268], Grubera [269], Kalfogloua i Schorlemmer [270], Noya [271]. Zjawisko dużej różnorodności oraz inne problemy sygnalizowane w tym względzie w wymienionych

pracach, nie powinny mieć zastosowania dla implementowanego systemu. Wynika to głównie z wypracowania unikatowej architektury wspomagającej proces integracji i współdzielenia wiedzy. Pomocne w tym względzie są wspólne interfejsy wraz z procedurami wymiany i współdzielenia ontologii. Problem ten na poziomie technicznym sprowadza się głównie do właściwego współdzielenia terminologii TBox oraz asercji ABox ([272]).

Wszystkie przytoczone powyżej rozwiązania pozwalają na dostęp do treści zgromadzonej w rozproszonym i heterogenicznym środowisku internetowym. Ze względu na rozległy charakter niniejszej pracy konieczne jest ograniczenie tego wątku i dokonanie wyboru kilku technik, celem demonstracji proponowanej konstrukcji architektonicznej modułu akwizycji wiedzy. Diagram aktywności dla tego modułu zawarto na Rys. 4.16. Finalnie dokonano implementacji tego modułu zgodnie z diagramem pakietów zawartym na Rys. 4.17.

Rys. 4.16 Architektura procesowa warstwy akwizycji wiedzy.
Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.17 Koncepcja implementacji warstwy akwizycji wiedzy.
Źródło: Opracowanie własne, (diagram komponentów UML).

4.2.4 Moduł zarządzania wiedzą

1. Definicja modułu

System SWD wyposażono w moduł zarządzania wiedzą. Pełni on funkcję centralną dla elementów przechowywania i zarządzania wiedzą w systemie SWD niezbędnych w procesie decyzyjnym. Dane, informacje i wiedza są pozyskiwane w procesie akwizycji, gdzie następuje identyfikacja potencjalnych źródeł użytecznej wiedzy. Następnie identyfikacji podlegają odpowiednie metody jej pozyskania, po czym następuje właściwy proces akwizycji wiedzy. Zasoby pozyskane za pomocą warstwy akwizycji są transferowane do wyższej warstwy - wiedzy. Moduł ten stanowi realizację fizycznej implementacji owej warstwy, który jest optymalizowany zgodnie z dostarczeniem odpowiednich metod przechowywania oraz zarządzania. Na tym poziomie wiedza może podlegać przetworzeniu lub udostępnieniu innym warstwom (może być również kierowana do innych podmiotów, np. na zasadzie odpłatności). Pojęcie zarządzania wiedzą jest postrzegane jako przyjęcie sformalizowanych procedur gromadzenia, użytkowania oraz jej udostępniania w sensie konsumpcji przez wszystkie zainteresowane podmioty. Zarządzanie stanowi próbę efektywnego wykorzystania posiadanych zasobów, tworzenia nowej wiedzy oraz większego przetworzenia (zrozumienia) pozyskanych zasobów i sposobów ich użytkowania (w tym również współdzielenia wiedzy w przypadku cykliczności procesu). W kolejnych rozdziałach zostaną zaprezentowane podstawy merytoryczne zarządzania wiedzą w kontekście SWD.

2. Aspekty projektowe modułu wiedzy

Podstawowym budulcem nowoczesnych SWD jest wiedza i jej sposób wykorzystania w organizacjach. Podobny pogląd potwierdzający powyższe twierdzenie, ukazujący znaczenie

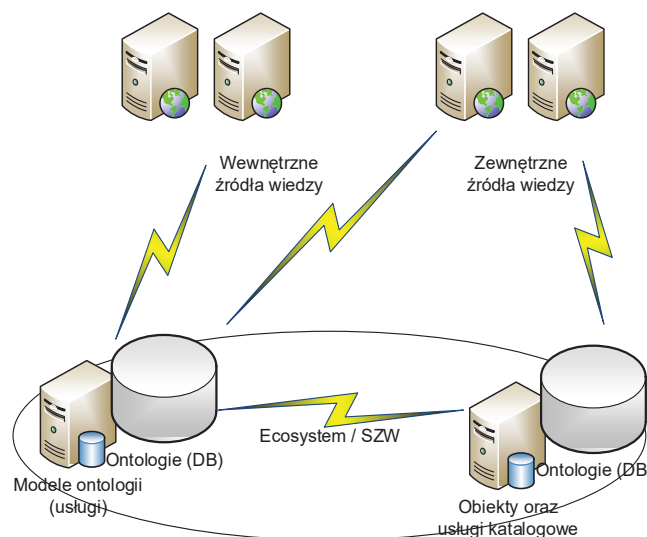
aktywnego użytkowania wiedzy w dynamicznych organizacjach, jest zauważalny również w pracach Bollojua i in. [278] oraz Granta [279]. W przekonaniu Hendriksa [249] wspomniany efekt potęguje użytkowanie nowoczesnych technologii ICT, które wprowadziły zmiany jakościowe oraz mają pozytywny wpływ na proces pozyskiwania, użytkowania i współdzielenia wiedzy w dynamicznej organizacji. Kluczowym współcześnie czynnikiem jest również aspekt dostarczenia mechanizmów autoadaptacji nowoczesnych systemów (Szydło i Zieliński [280]) dla usług oferowanych przez nowoczesne aplikacje. Zgodnie z przedstawionymi przesłankami można spodziewać się, że zapotrzebowanie na wiedzę w projektowanym systemie SWD, będzie stanowiło główny filar wdrażania metody. Zgodnie ze schematem realizacji zagadnienia problemowego, roadmapping AADTP jest stosowany jako podstawa realizacji procesu podejmowania decyzji dostarczających metod organizacyjnych, jak i akwizycji wiedzy niezbędnej do zapewnienia właściwego procesu planowania strategicznego. Metoda tworzy oraz identyfikuje istniejące przepływy informacyjne, które z kolei wymuszają wypracowanie adekwatnych metod zarządzania wiedzą. W ujęciu Hansen i in. [281], zarządzanie wiedzą stanowi wybór pomiędzy jedną ze strategii: strategią kodyfikacji oraz personalizacji wiedzy. W proponowanym rozwiązaniu, wiedza personalna oraz zbiorowa integrowana jest w jeden użyteczny strumień przez wdrożenie metody aktywnie integrującej wiedzę.

Zasadniczą wadą metod roadmappingu jest wymagalność dostępności wielu zasobów informacyjnych wewnętrznych i zewnętrznych. Zapewnienie gwarancji dostępu do danych i informacji oraz możliwość pozyskiwania formalnej i nieformalnej wiedzy eksperckiej, jest kluczowym obszarem kompetencyjnym w tym zakresie. Zgodnie z przyjętą metodą RM, strategia użytkowania metod transferu technologii w normatywnej działalności operacyjnej podmiotu, jest opracowana wyłącznie na podstawie utworzonego modelu - diagramu roadmappingowego. Na kolejnych etapach, model podlega weryfikacji oraz dyskusji, a finalnie - szczegółowej analizie decyzyjnej z wykorzystaniem metod optymalnego sterowania. Plan ten jest przedstawiony decydom jako rezultat metody. Z biegiem czasu podlega on dezaktualizacji, co wymusza cykliczne monitorowanie tych aspektów. System powinien również uwzględniać powyższe kwestie.

Współczesne SWD nie radzą sobie efektywnie z pozyskiwaniem rozległych i heterogenicznych zasobów danych, informacji i wiedzy dla dynamicznych zagadnień decyzyjnych, nie tylko w zagadnieniu TT. Powyższy pogląd jest zgodny z wypowiedziami Collinsa i in. [282], Georgiadoua i Siakas [283], Weber i in. [284], Nicoliciu—Georgescu i in. [285], Chaia i Liu [286] i wielu innych. Proponowana koncepcja użytkowania hybrydy SWD do rozwiązywania problemów decyzyjnych TT, wymusza użytkowanie elastycznych metod współdzielenia zasobów pomiędzy różnymi klasami SWD.

Nadrzędnym celem wskazanej konwencji architektonicznej systemu jest intensyfikacja technik wspomagających akwizycję, integrację i dyfuzję wiedzy na potrzeby środowisk SWD. Przyjęty sposób rozwiązania wskazanych kwestii jest zgodny, między innymi z paradygmatem Grubera [287], określającym kanon sposobu wykorzystania zasobów wiedzy w organizacji. Podstawowym budulcem baz wiedzy są mechanizmy ontologiczne sprzyjające budowie środowiska współdzielenia (ang. *sharable knowledge*) i współużytkowania wiedzy (ang. *reuse knowledge*). Z kolei, w przekonaniu Mizoguchi i in. [288], komponent systemów pozwalający na tzw. ponowne użycie zasobów wiedzy odgrywa kluczową rolę w uzyskaniu większej dostępności zasobów oraz oszczędza środki, jakie mogłyby być wydatkowane na wytworzenie tej wiedzy ponownie.

Ogólny schemat funkcjonowania modułu wiedzy zgodnie z przedstawionym modelem uwzględniający udostępnienie odpowiednich metod zapisu, integracji oraz przetwarzania danych, informacji i wiedzy przedstawiono na Rys. 4.18. Właściwą implementację tego modelu zawiera wszystkie przesłanki znajdujące się w *Rozdziale trzecim*.



Rys. 4.18 Koncepcja architektury systemu zarządzania wiedzą.
Źródło: Opracowanie własne.

W proponowanym systemie, wiele komponentów metody roadmappingu - w obszarze organizacyjnym oraz zarządzania wiedzą - jest spójna w przypadku prowadzenia podobnych projektów przez dany podmiot. Przykładami w tej kwestii są: struktura warstw, obiekty, identyfikowane powiązania, wiedza o otoczeniu, itd. McGuinness i McGuinness [289] zwraca uwagę, że wiele procesów kreowania wiedzy ma charakter powtarzalny. Powyższe stwierdzenie ma swoje uzasadnienie w praktyce wdrażania metod decyzyjnych w różnych podmiotach. Newralgiczny element funkcjonalny systemu stanowi komponent pozyskiwania i integracji wiedzy empirycznej. Wiedza empiryczna w przekonaniu Kamsua i in. [290], Nonakaa i Takeuchi [291] pozostaje elementem ryzyka dla wielu procesów decyzyjnych. Jest trudna do pozyskania oraz kosztowna do transferu pomiędzy wszystkimi interesariuszami.

3. Implementacja modułu wiedzy

Zadaniem modułu wiedzy jest bezpośrednia implementacja funkcjonalności infrastruktury zmierzającej do prawidłowego wdrożenia procesu zarządzania wiedzą na potrzeby całościowego procesu decyzyjnego. Kluczowymi celami wdrażania modułu jest prawidłowa obsługa logistyczna przepływów informacyjnych dla procesów akwizycji, integracji i dyfuzji wiedzy w systemie eksperckim. W ramach prac projektowych wyróżniono dwa zasadnicze aktywne elementy infrastruktury wiedzy:

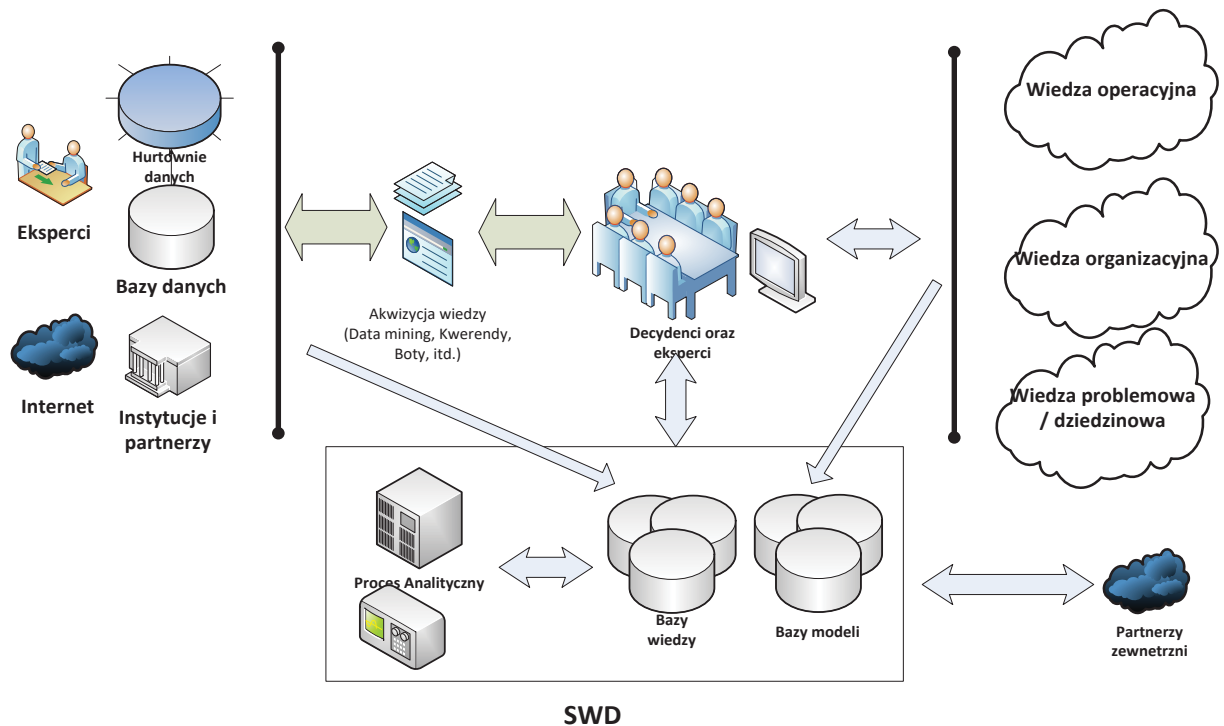
- hurtownia wiedzy – hurtownia agreguje i udostępnia wiedzę na potrzeby procesu podejmowania decyzji. Stanowi również element rozproszonej infrastruktury wiedzy indeksujący zasoby,
- baza wiedzy (lokalnego projektu decyzyjnego) – dedykowana baza wiedzy utworzona na potrzeby określonego procesu decyzyjnego.

Element centralny w kontekście modułu wiedzy stanowi jej hurtownia pozwalająca na agregację wiedzy pozyskanej z zasobów znajdujących się wewnątrz, jak i na zewnątrz, organizacji. Hurtownia wiedzy udostępnia metody indeksujące zasoby wiedzy obecne w środowisku. Pod pojęciem indeksacji rozumie się czynności zmierzające do gromadzenia informacji identyfikujące zasób, np. miejsce przechowywania, opis i charakterystykę, podmiot udostępniający, itd. Hurtownia wiedzy może być też elementem składowania i przechowywania właściwej wiedzy, a nie tylko jej odnośników. Wiedza wytwarzana przez zewnętrzne podmioty jest przechowywana w formie odnośnika lub buforowana. Wiedza wytworzona w ramach procesów wewnętrznych jest magazynowana i udostępniana. Koncepcje i przykładowy schemat przypadków użycia dedykowany modułowi zarządzania wiedzą, zaprezentowano na Rys. 4.19 i Rys. 4.20.

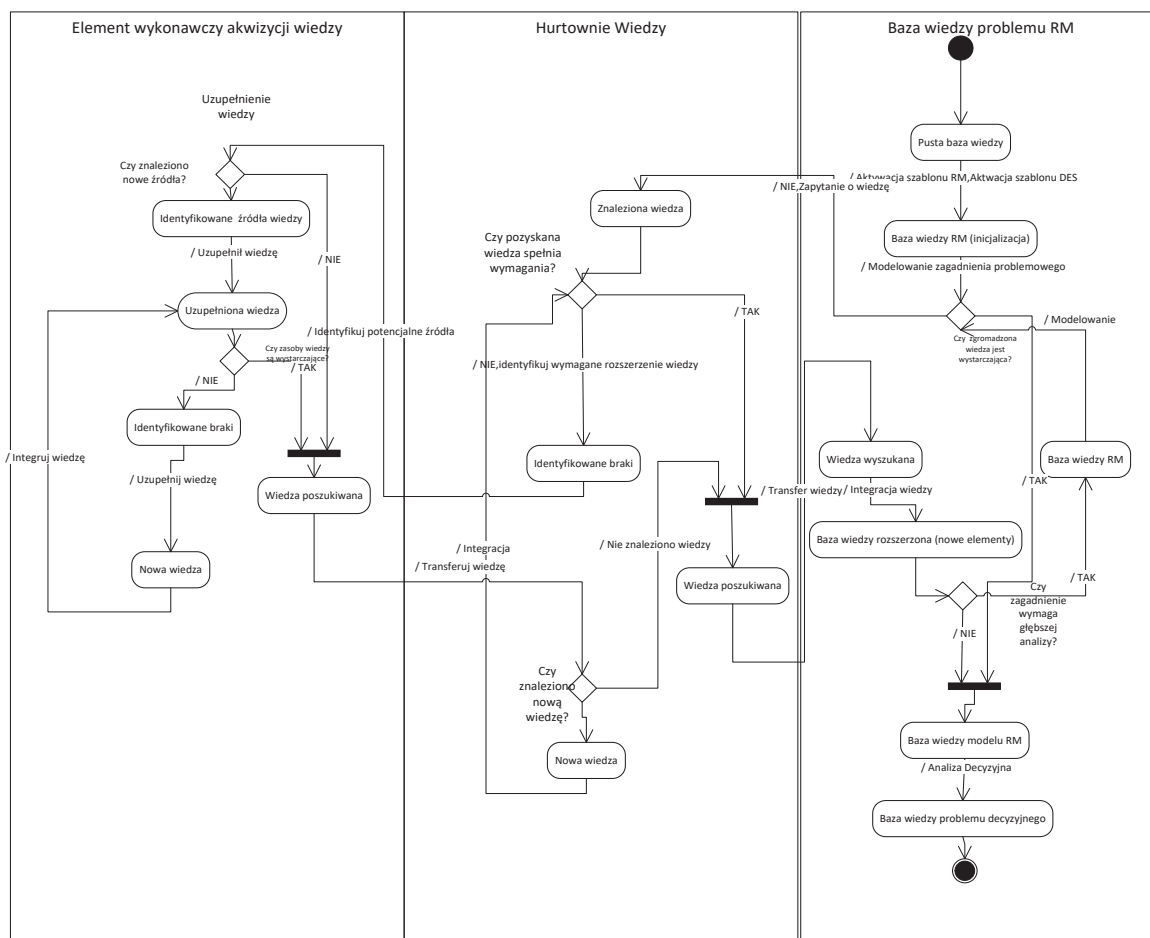
Najważniejsze funkcje hurtowni wiedzy to:

- indeksowanie zasobów wiedzy – identyfikacja zasobów,
- buforowanie wiedzy – celowe lokalne przechowywanie kopii wiedzy,
- przechowywanie wiedzy – fizyczne magazynowanie wiedzy w hurtowni wiedzy,
- udostępnianie wiedzy – metody fizycznego udostępniania wiedzy w środowisku rozproszonym.

Roadmapping może stanowić wystarczającą podstawę procesu decyzyjnego w transferze technologii, gdzie głównie opiera się o heterogeniczne źródła informacji, np. schemat interakcji grup eksperckich. Proces RM jest elementem samoistnie ewoluującym poprzez aktywację okresowego lub ciągłego procesu aktualizacji informacji i wiedzy niezbędnej w procesie decyzyjnym (*Rozdział drugi*). W tym względzie zasadne jest skorzystanie z hybrydowej formy procesu akwizycji informacji oraz wiedzy, tzn. akwizycja w sposób automatyczny (dedykowane programy przeszukujące otoczenie) lub w sposób klasyczny, personalny (ekspertki wytworzenie i integracja). Konstrukcja komponentu wiedzy oparta o ontologię i logikę opisową, stanowi efektywne narzędzie pozyskiwania, integracji oraz współdzielenia wiedzy w heterogenicznych środowiskach decyzyjnych.

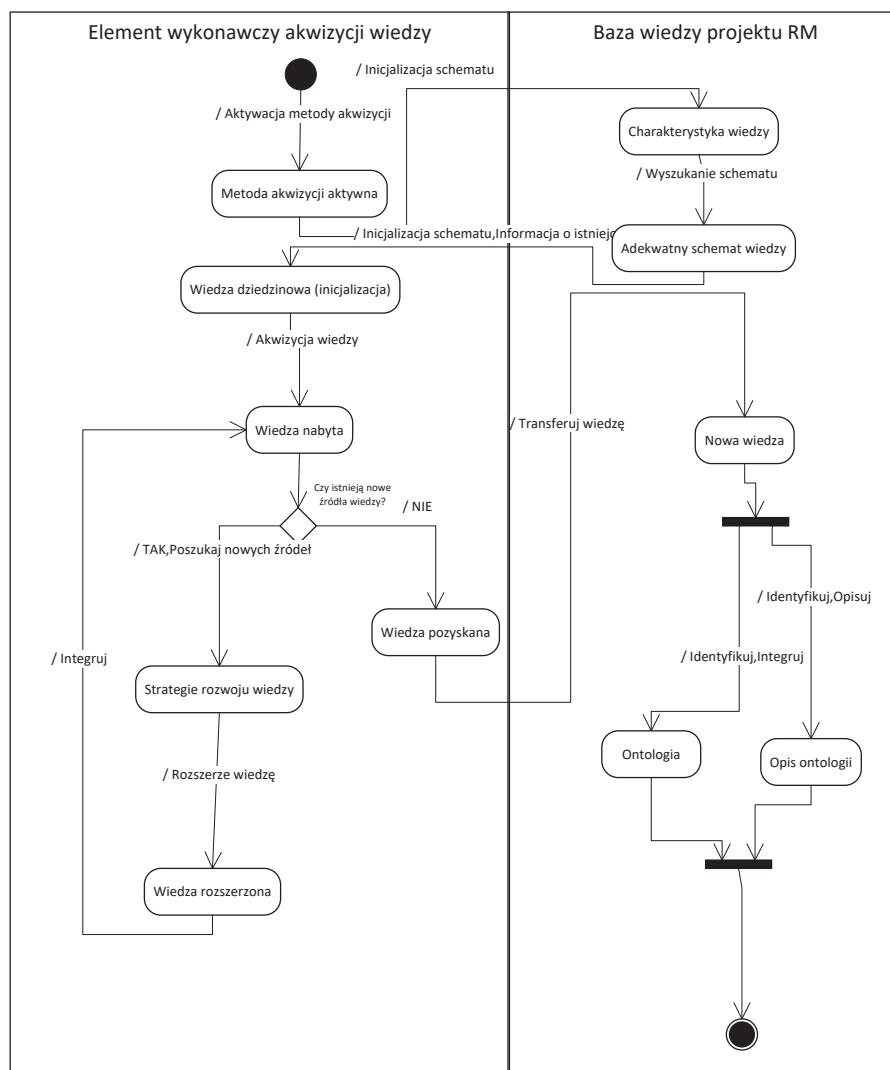


Rys. 4.19 Koncepcja systemu zarządzania wiedzą.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 4.21 Diagram aktywności bazy wiedzy.
Źródło: Opracowanie własne.

Zadaniem bazy wiedzy jest przechowywanie wiedzy na temat modelowanego zjawiska decyzyjnego w formie predefiniowanych struktur ontologicznych, głównie opisujących części modelowanego środowiska z wykorzystaniem SZD. Każdy obiekt SWD oraz relacje pomiędzy nimi, mogą zawierać dodatkowy kontent opisujący dany element, np. na podstawie jakich informacji utworzono dany obiekt, jakie są źródła informacyjne, itd. Przykładowy schemat interakcji poszczególnych elementów modułu wiedzy odzwierciedlają diagramy zamieszczone na Rys. 4.22. Podstawę zapisu wiedzy we wskazanych elementach infrastruktury, stanowi ontologia (zgodnie z *Rozdziałem piątym*). Wskazana koncepcja implementacyjna opisu wiedzy decyzyjnej w pełni spełnia wszystkie założenia funkcjonalnej adekwatności magazynowania wiedzy w kontekście modularyzacji i integracji, swobody komunikacji.



Rys. 4.22 Diagram aktywności elementów akwizycji wiedzy.

Źródło: Opracowanie własne.

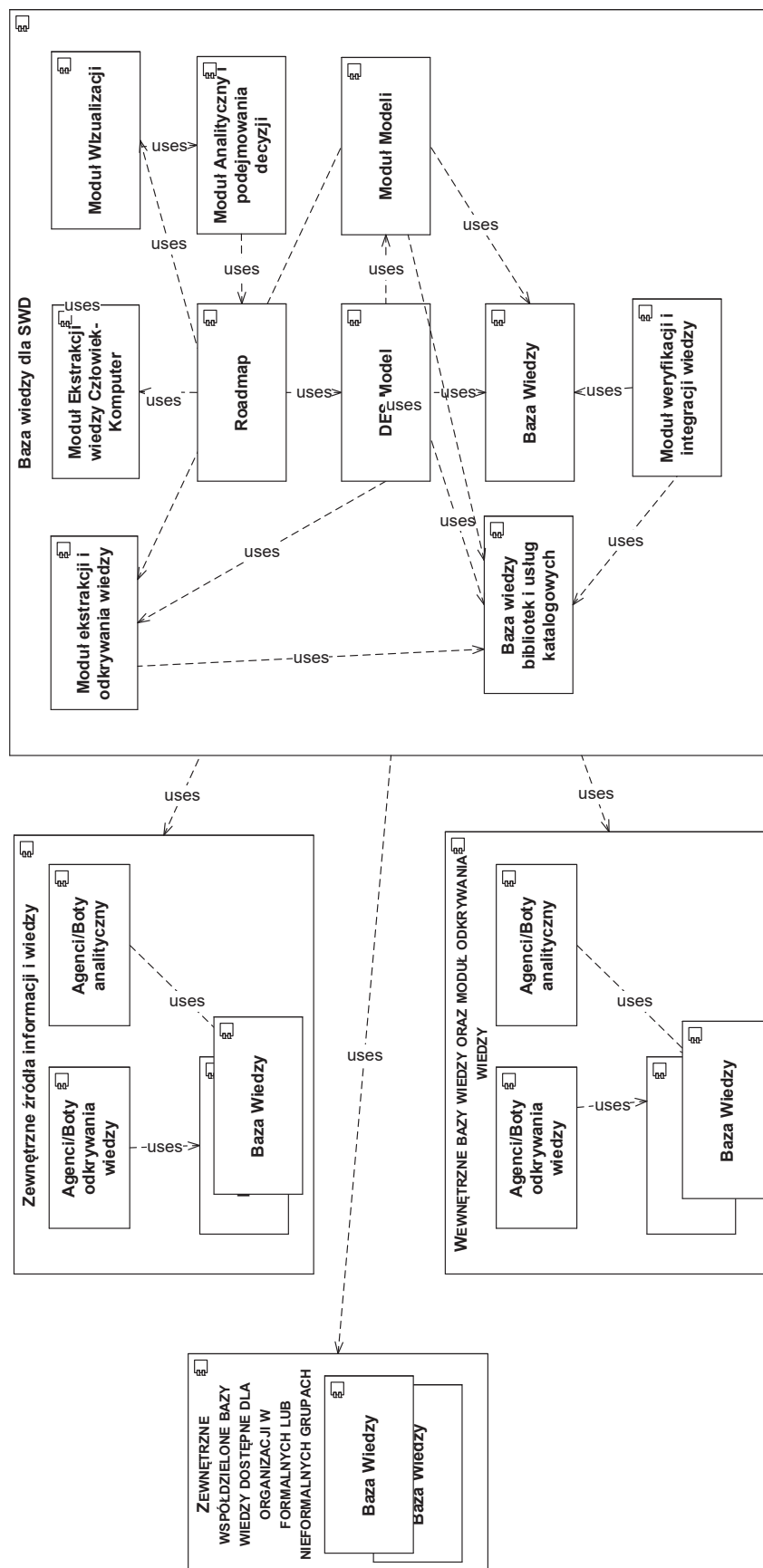
Właściwa implementacja poszczególnych funkcjonalności elementów składowych infrastruktury wiedzy (Rys. 4.23), wymagała identyfikacji adekwatnego języka opisu wiedzy. Dokonano wyboru OWL (ang. *Web Ontology Language*) jako podstawę reprezentacji wiedzy bazującej na logice. Wspomniany język jest jednocześnie jednym z najważniejszych formalizmów opisu wiedzy użytkowanych współcześnie. Spełnia wszystkie przesłanki implementacyjne Modułu Wiedzy. Najważniejsze z nich to: możliwość łatwego przetworzenia i interpretowania (zarówno przez maszyny, jak przez i ludzi), ukierunkowanie na tworzenie otoczenia sprzyjającego integrowaniu oraz współdzieleniu wiedzy w rozproszonym środowisku. Język ten, stał się standardem promowanym przez konsorcjum W3C [292], który posiada formalne funkcjonalności dedykowane dojrzałym rozwiązaniom programowym.

OWL, jako język, zawiera odpowiednie metody programowe, które pozwalają na interakcję oraz ewolucję ontologii w środowisku internetowym. Mechanizm ten stanowi duże udogodnienie dla struktur wiedzy posiadających wiele elementów wspólnych, gdy rozpatrujemy je na poziomie komplementarnych projektów, np. problem NPD-MP dla różnych grup produktowych lokowanych na wielu odmiennych rynkach. Tworzenie ontologii rozproszonych w heterogenicznym środowisku, ich integracja oraz budowa łatwo rozszerzalnych ontologii z możliwością scalania, staje się proste i intuicyjne. Język ten jest elementem wystarczającym do implementacji poszczególnych funkcjonalności Modułu Wiedzy tworząc spójną platformę jej wymiany. OWL w przedstawionym zastosowaniu pełni formalnie rolę języka reprezentacji wiedzy, za pomocą którego możliwe jest tworzenie dowolnych konstrukcji semantycznych opisu wiedzy empirycznej, operacyjnej oraz

organizacyjnej, głównie zdefiniowanej przez model SZD. Opis wskazanych elementów możliwy jest przez zbiór konceptów, relacji oraz własności wyrażonych, zapisanych za pomocą składni wskazanego języka. Język może również być docelowo uzupełniony o reguły (wbudowane: Jena lub SWRL (ang. *Semantic Web Rule*)).

Model reprezentacji wiedzy OWL DL w połączeniu z użytkowaniem reguł, pozwala na dodatkową ekspresję opisu ontologii znajdujących się w hurtowni wiedzy oraz w bazie wiedzy. Prace Ejigua i in. [295], Rockwella i in. [296], czy Chana [297] potwierdzają zasadność użytkowania wspomnianych technik w zastosowaniach konstrukcji SWD. Podobne sugestie pojawiają się w publikacjach bezpośrednio związanych z zagadnieniem planowania strategicznego opartego o metodologię RM, np. Petric i Echols [37], Tang i in. [229] i wielu innych.

Rys. 4.23 Architektura baz wiedzy dla SWD (diagram komponentów).
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 4.24 Diagram komponentów ontologii dedykowanej wspomaganie decyzji.
różło: Opracowanie własne.

Realizację wskazywanych funkcjonalności poszczególnych modułów, prawidłowo odzwierciedla architektura warstwowa. Komponent wiedzy jest umiejscowiony w tej konstrukcji w miejscu centralnym, co wynika głównie z konieczności zapewnienia poszczególnym komponentom odpowiedniego dostępu do metod realizujących przepływ wiedzy w SWD. Schematyczny sposób interakcji poszczególnych komponentów modułu wiedzy zaprezentowano na Rys. 4.24.

Konstrukcję właściwej bazy dostępnej na potrzebę składowania wiedzy zagadnienia problemowego, oparto w głównej mierze o ontologię roadmappingu (top-ontology). Na niższym poziomie w hierarchii znajduje się ontologia modelu SZD. Baza wiedzy może być swobodnie rozszerzana z wykorzystaniem metod dostępnych zdefiniowanych na poziomie języka OWL. Dobór zakresu treści i zarazem ontologii - przechowywanych w lokalnych zasobach - jest ograniczony jedynie do zakresu przedmiotowego, wymaganego w procesie modelowania środowiska TT. Przykładowo w pracy Pukocz i in. [200] użytkowano ontologie służące do przechowywania wiedzy związane z prowadzonym projektem foresights. Na potrzeby opracowywanego w rozprawie rozwiązania zastosowano dedykowaną ontologię „Decision”. Diagram obiektowy i komponentów UML zostanie zdefiniowany w dalszej części (Rys. 4.25).

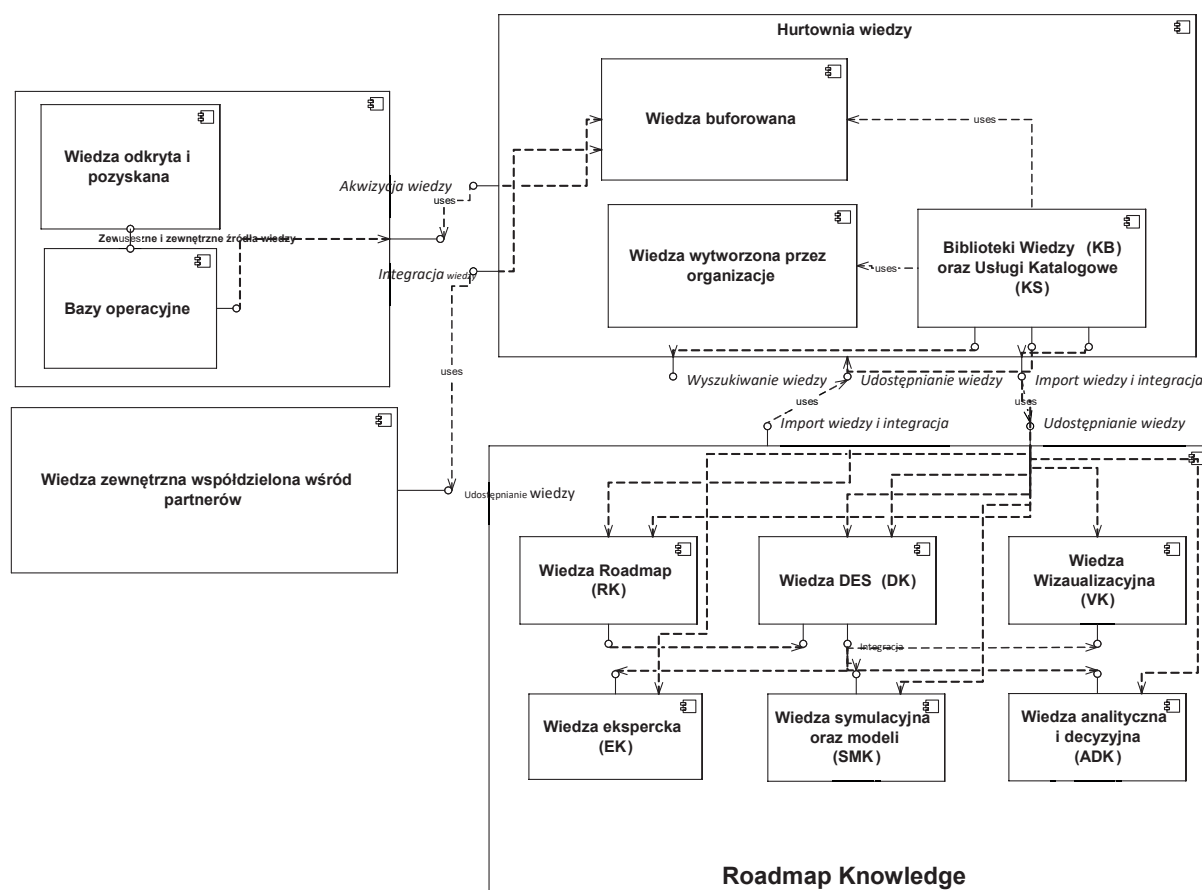
Wiedza zgromadzona w bazie wiedzy, dla zagadnienia decyzyjnego oraz hurtowni wiedzy, ma fizyczną formę relacyjnej bazy danych, tzw. formacie SDB (ang. *persistent triple stores using relational databases*). Funkcjonalność wskazana jest na poziomie aplikacji klienckiej Apache Jena, która bazuje na rozwiązaniu Microsoft SQL Server. W obiektywnych testach porównawczych rozwiązań relacyjnych baz danych, SQL Server otrzymał wysokie noty [299]. Przesłanka ta była jedną z istotnych argumentów zastosowania tego rozwiązania dla całej architektury systemu.

Realizacja wskazywanych ogólnych obszarów funkcjonalnych SZW, wymagała zaprojektowania i wykonania struktury dostosowanej do problemu decyzyjnego transferu technologii. Zgodnie ze wskazywaną uprzednio ogólną charakterystyką przepływów wiedzy, informacji i danych dokonano rozróżnienia unikatowych elementów struktury komponentu wiedzy. Wyszczególniono następujące główne komponenty SZW:

- wiedza operacyjna (ontologia właściwa) – wskazany komponent przechowuje wiedzę na potrzeby prowadzonego zadania decyzyjnego. Kiedy następuje inicjacja projektu, wówczas generowana jest baza wiedzy w fazie początkowej. Z reguły to kategoria procesu decyzyjnego narzuca rodzaj schematu początkowego oraz jego zawartość. Baza wiedzy operacyjnej stanowi główny trzon prowadzonego procesu decyzyjnego. Bazę można jedynie rozszerzać w oparciu o wiedzę zgromadzoną w istniejącej infrastrukturze, np. z dedykowanej hurtowni wiedzy (np. dane foresight). Komponent ten również może wysyłać zapotrzebowanie na wiedzę do całej infrastruktury, celem jej uzupełnienia.
- hurtownia wiedzy – komponent gromadzący oraz indeksujący wiedzę zgromadzaną przez poszczególne elementy aktywne SWD zajmujące się pozyskiwaniem i aktualizowaniem wiedzy. Dostarcza on metod dostępu do wiedzy komponentom operacyjnym (analityczno-decyzyjnym), celem budowy spójnego modelu dla zdefiniowanego problemu decyzyjnego.

Sposób identyfikacji oraz interakcji poszczególnych elementów struktur zarządzania wiedzą reprezentuje diagram komponentów zamieszczony na Rys. 4.25. Proponowana implementacja modułu wiedzy zawiera następujące komponenty: hurtownię wiedzy (usług katalogowych) oraz właściwą bazę wiedzy przechowującą ontologię operacyjną procesu decyzyjnego. W pierwszym przypadku główną funkcję pełni ontologia katalogująca zasoby umiejscowione w hurtowni wiedzy (zawarto na Rys. 4.23 i Rys. 4.24). Ewoluuująca wiedza na temat środowiska zawiera opis zasobów dostępnych w otoczeniu danego podmiotu gospodarczego oraz udostępnia interfejs usługi katalogowej, która ułatwia dostęp do zasobów wiedzy w środowisku heterogenicznym. Hurtownia wiedzy ma za zadanie również dostarczyć odpowiednie metody pozwalające na utworzenie szybkich zasobów cache, często wykorzystywanych w procesie decyzyjnym (warstwa pośrednicząca). Szybki dostęp do zasobów wiedzy ma zasadnicze znaczenie dla efektywnego konstruowania modelu decyzyjnego. Od strony technicznej strukturę ontologii hurtowni wiedzy w głównym zakresie oparto o schemat wywodzący się z bibtex'a.

Dane jako niezbędny nieprzetworzony składnik, mogą być pozyskiwane z różnych źródeł. Źródła te dzielimy na wewnętrzne (np. bazy i hurtownie danych organizacji, dokumenty, raporty) oraz zewnętrzne (np. strony internetowe, publikacje, itp.). Podsystem akwizycji danych ma za zadanie usystematyzować wszystkie zasoby dostępne na poziomie spójnej struktury wiedzy. Na tym poziomie abstrakcji, zgodnie z definicją formalną informacji przedstawioną powyżej, identyfikowane oraz uporządkowane struktury danych przybierają formę informacji. Z kolei na wyższym poziomie abstrakcji (wiedzy), następuje właściwe operowanie na wiedzy poprzez dostarczenie szeregu metod, między innymi: zarządzanie schematem wiedzy, wnioskowanie, obsługę zapytań. Z kolei czynnik ludzki w całym schemacie odgrywa nadrzędną rolę, jako konsument i producent danych, informacji oraz wiedzy.

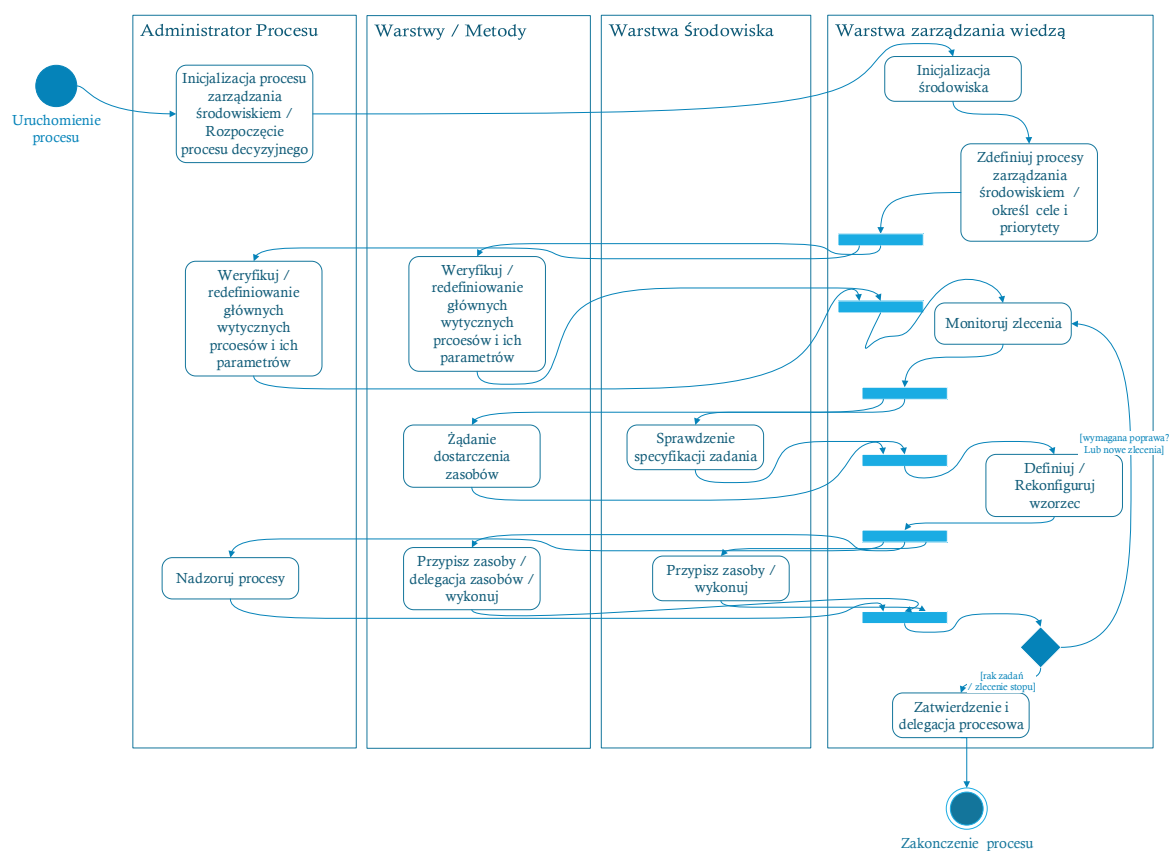


Rys. 4.25 Architektura bazy wiedzy dedykowanej roadmappingowi (diagram komponentów UML).
Źródło: Opracowanie własne.

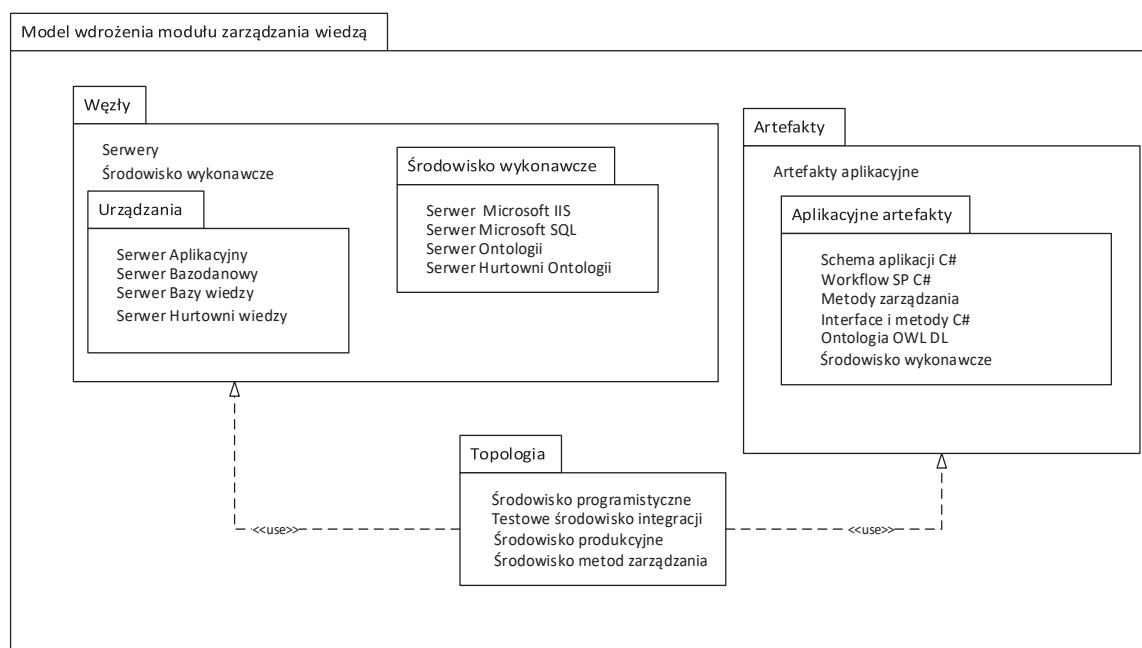
Moduł wiedzy operacyjnej oparto o dwa zasadnicze komponenty ontologii: roadmappingu RM oraz systemu zdarzeń dyskretnych (SZD). Ontologia RM jest nadrzędną dla pozostałych, tzw. stanowi *top-ontology*. Niższą warstwę stanowi ontologia właściwego modelowania problemu decyzyjnego – ontologia SZD (Rys. 4.25). Ontologia modelowania systemu może bezpośrednio importować inne ważne elementy innych ontologii w przypadku ich zapotrzebowania, np. ontologie szczegółowego opisu warstw, foresight, szczegółowych zjawisk występujących na warstwach, opis ilościowy i jakościowy, itd. Ontologia SZD (nazwa DES, Rys. 4.25) umożliwia bezpośrednie operowanie na modelu reprezentacji dynamiki obiektów identyfikowanych zgodnie z metodą RM, tworząc spójny model analizy zagadnienia decyzyjnego. Model ten może być również kolejno uzupełniany o elementy wiedzy związane z zagadnieniem fizycznych: operowania modelem na poziomie decyzyjnym, symulacyjnym, analitycznym. Baza wiedzy zgodnie z przyjętą metodą, bywa swobodnie rozszerzana na poziomie ontologii poprzez integrowanie podstawowej wiedzy innymi

istotnymi źródłami. Dobór treści i zarazem ontologii przechowywanych w lokalnych zasobach jest ograniczony jedynie do zakresu przedmiotowego wymaganego w procesie modelowania środowiska TT.

Diagram aktywności dla tego modułu zawarto na Rys. 4.26. Finalnie dokonano implementacji tego modułu zgodnie z diagramem pakietów zawartym na Rys. 4.27.



Rys. 4.26 Architektura procesowa warstwy zarządzania wiedzą.
Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.27 Koncepcja implementacji warstwy zarządzania wiedzą.
Źródło: Opracowanie własne.

4.2.5 Moduł modelowania

1. Definicja modułu

Moduł modelowania realizuje wszystkie funkcje związane z tworzeniem modeli wykorzystywanych na potrzeby procesu wspomagania decyzji (warstwa modelowania) zgodnych z metodologią roadmappingu. Integruje wszystkie metody, które mogą posłużyć do wytworzenia dobrych jakościowo modeli problemu transferu technologicznego wkomponowanego w zdefiniowane otoczenie. W metodzie roadmappingu technologicznego ten zakres czynności jest realizowany w drugiej fazie procesu. W odróżnieniu od klasycznego roadmappingu metoda ta stara się użytkować wszystkie dostępne metody modelowania, co stanowi podejście hybrydowe do tworzenia modeli zjawiska problemowego. Wykorzystuje się w tym miejscu dokonanie fuzji modeli wytworzonych przez ekspertów oraz w sposób automatyczny. Zdefiniowanie sposobów konstrukcji modeli oraz metod modelowania zostanie szerzej opisane w kolejnym rozdziale.

2. Aspekty projektowe modułu modelowania

Podstawę funkcjonowania metody roadmappingu stanowi utworzenie spójnego modelu opisywanego zjawiska. W wersji klasycznej model stanowi reprezentację graficzną, gdzie dokonuje się identyfikacji warstw, obiektów i relacji pomiędzy tymi obiektami. Ustanowienie pewnych wytycznych w stosunku do formy, jak i elementów składowych DRM ułatwia modelowanie wielu zagadnień decyzyjnych. Duża rozpiętość potencjalnych obszarów aplikacji RM, jak i jej odmian, zaburza możliwość prawidłowej konstrukcji diagramu oraz prawidłowe uwzględnienie wymagań formalnych podmiotu. Każdy z badaczy inaczej rozważa architekturę DRM oraz strategię zapełniania diagramu. DM jest opracowany w drugiej fazie procesu w drodze paneli eksperckich. Zgodnie z założeniami rozprawy w proces konstrukcji modelu mogą być zaangażowane wszystkie dostępne techniki (zgodnie z decyzją administratorów), które pozwalają na opracowanie dobrego jakościowo modelu.

Podstawą procesu modelowania jest użytkowanie wiedzy formalnej i nieformalnej do kreowania w środowisku grupowym wizji zachowania w przyszłości systemów technologicznych (ze wsparciem posiadanych danych, informacji i wiedzy). Efektem fuzji tych różnych czynników stanowi wypracowanie kompromisu zmierzającego do uzyskania formalnego modelu podmiotu i jego otoczenia. Na tej podstawie możliwy jest do przeprowadzenia właściwy proces wspomagania decyzji. Metodą nadrzędną wobec pozostałych będzie realizacja integracji modeli z wykorzystaniem ekspertów. Wsparcie pewnych obszarów operacyjnych przez rozwiązania informatyczne, w przekonaniu wielu naukowców uznawane jest za rozwiązanie efektywne dla problemów technologicznych (np. Kostoff i in. [56], Petrick i in. [37, 223]). Badacze ci podchodzą do procesu RM dość klasycznie - jako do procesu wyłącznie eksperckiego. W rozprawie starano się rozszerzyć element klasyczny o nowe obszary aktywności, w tym użytkujące w większym zakresie metody maszynowe.

3. Implementacja modułu modelowania

Zadaniem modułu modelowania jest bezpośrednia implementacja funkcjonalności infrastruktury zmierzającej do prawidłowego wdrożenia procesu tworzenia modeli zarządzania wiedzą na potrzeby całościowego procesu decyzyjnego. Kluczowymi celami wdrażania modułu jest prawidłowa obsługa logistyczna przepływów informacyjnych dla procesów akwizycji, integracji i dyfuzji wiedzy w systemie eksperckim.

Realizację SWD wykonano, w głównej mierze z wykorzystaniem środowiska Sharepoint. Ten temat był już częściowo omawiany w przypadku opisu innego modułu. W kontekście modułu modelowania, oprogramowanie to dostarcza bogatej biblioteki narzędzi kreowania środowiska pracy grupowej służącej głównie współbieżnemu tworzeniu modeli, a także dokonuje fuzji wiedzy

otrzymanej w sposób hybrydowy. Zaimplementowane funkcje, w kontekście wsparcia procesu RM, zebrano w Tab. 4.4.

Tab. 4.4 Implementowane metody modułu modelowania

Obszar funkcjonalny	Narzędzia oraz metody	Zastosowanie w kontekście modelowania
Grupowe tworzenie modeli / integracja wiedzy	zarządzanie przepływem pracy w organizacji, tzw. Workflow	SharePoint dostarcza zestawu narzędzi niezbędnych wspomaganiu pracy grupowej w sensie kreowania grup oraz nadzoru nad pracą grupy i doboru narzędzi modelowania. Możliwość zarządzania zadaniami przez ich podział pomiędzy osoby zaangażowane w projekt, przydzielenie im odpowiednich zasobów, a finalnie integracja wiedzy w jeden spójny model.
Komunikacja pomiędzy ekspertami	komunikacja wewnętrzna czat, poczta, kalendarze, kontakty, zadania, składniki web parts	SharePoint zapewnia dobrą komunikację wewnątrz zespołu realizującego zadania decyzyjne, zapewniając im stały dostęp do aktualnych informacji na temat bieżących zadań, terminów, poczty, itp.
Obszary robocze (workplaces) / Integracja wiedzy	strony internetowe dedykowane problemom, zarządzanie dokumentami, wiki, blogi, składniki web parts, mechanizmy integracji modeli	Sharepoint dostarcza narzędzi pozwalających użytkownikom na swobodne organizowanie, udostępnianie i wyszukiwanie informacji, publikacje własnych treści, tworzenie dedykowanych form dyskusji w określonym obszarze problemowym, z wykorzystaniem forum dyskusyjnego, wiki, bloga, etc.
Metody autonomicznego tworzenia modeli	Programowe metody tworzenia modeli otoczenia, dedykowany kod	Moduł modelowania można rozszerzyć o kod umożliwiający wbudowywanie dedykowanych elementów autonomicznego tworzenia elementów składowych modelu. Elementy te można zarządzać i monitorować z poziomu SharePoint.

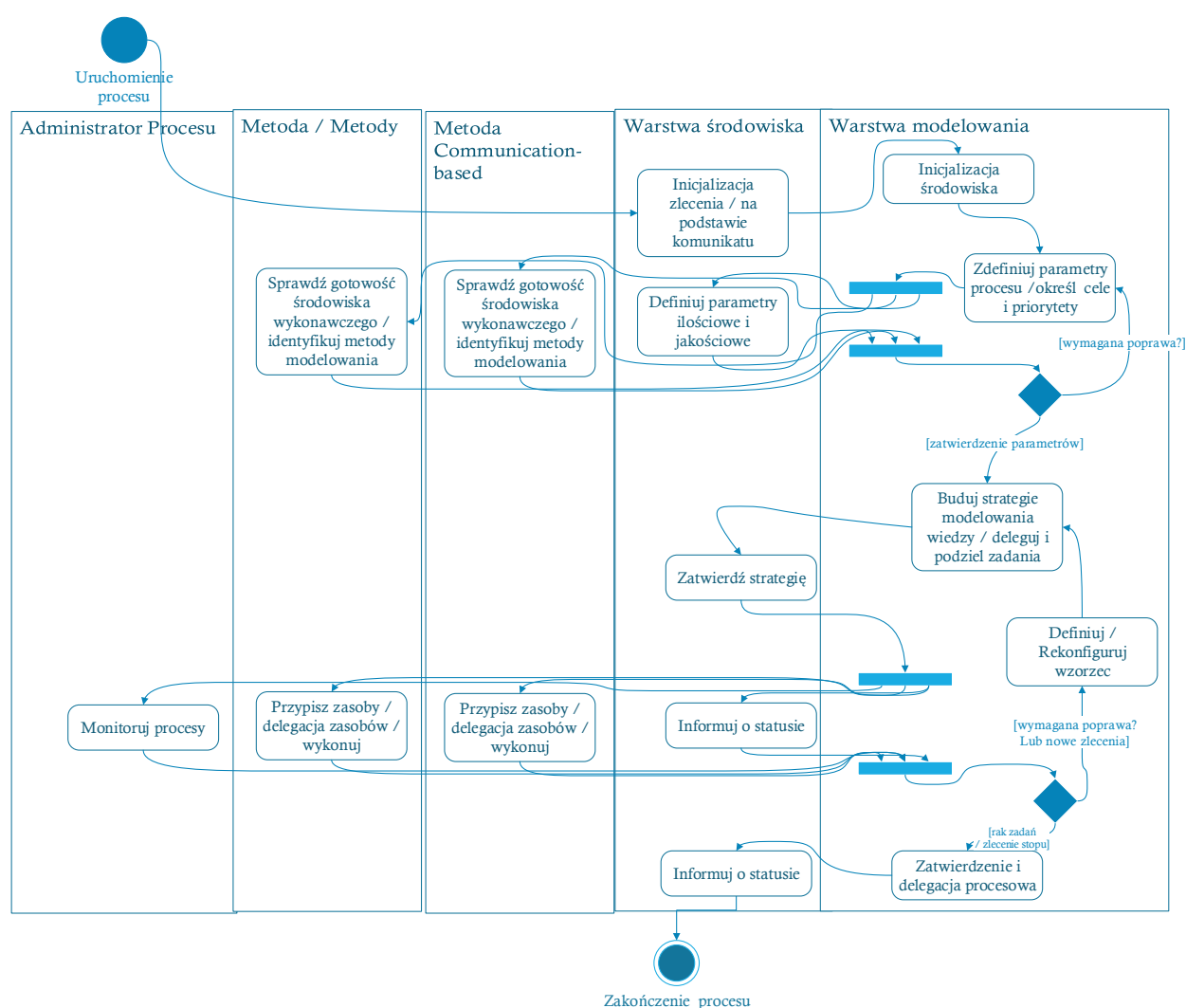
Źródło: Opracowanie własne.

Podstawowy mechanizm tworzenia modeli stanowi podejście eksperckie (*Rozdział pierwszy i Rozdział trzeci*). Środowisko Sharepoint będzie użytkowane głównie do wsparcia procesów pracy grupowej na poziomie ekspertów (logistycznym i organizacyjnym). Oprogramowanie ma na celu sprawne zarządzanie modelowaniem oraz utworzenie i aktualizację (konserwację rezultatów). Sharepoint tworzy według predefiniowanego schematu operacyjnego workflow, dokonując podziału zadań na części składowe, następnie oddelegowuje je do poszczególnych osób i grup zadaniowych. Wskazane schematy operacyjne zaproponowano w *Rozdziale siódmym*. Moduł decyzyjny częściowo wykorzystuje metody modułu wizualizacji niezbędne do interakcyjnego tworzenia diagramów przez grupy zadaniowe. Zgodnie z przypisanymi schematami interakcji powiązanej z konkretnymi czynnościami, system automatycznie rozdziela i transferuje zadania do odpowiednich osób. Schematy zarządzania grupami mogą przyjąć złożoną strukturę, zależnie od instytucji je wdrażającej.

Wskazany sposób implementacji interakcji ekspertów, stanowi podstawę funkcjonowania grupowych systemów podejmowania decyzji. Metody te pozwalają na użytkowanie formalnej i nieformalnej wiedzy eksperckiej tzw. „umysłu grupowego” (pojęcie wprowadzone w psychologii przez Daniel M. Wegnera i in. [300]). GWPD w tej implementacji pozwala między innymi na: multiplikatywność postrzegania zagadnienia problemowego, ma wpływ na akceptowalność decyzji, lepsze zrozumienie decyzji, agregację większego potencjału wiedzy. Fuzja wiedzy przez ekspertów, wymusza użytkowanie modeli zmierzających głównie do osiągnięcia konsensusu w procesie interakcji pomiędzy zespołami eksperckimi. Przykładowo użyteczne narzędzie opisu stanu pewnych elementów systemu mogą stanowić informacje uzyskane na podstawie ankiet delfickich. Informacje te są następnie przedmiotem analizy grup zadaniowych. Zaimplementowane rozwiązanie zawiera oprogramowanie wspomagające proces interakcji pomiędzy uczestnikami dyskusji, np. fora dyskusyjne, opiniowanie bezpośrednie, wideokonferencje, czat, itd. Implementowane mechanizmy

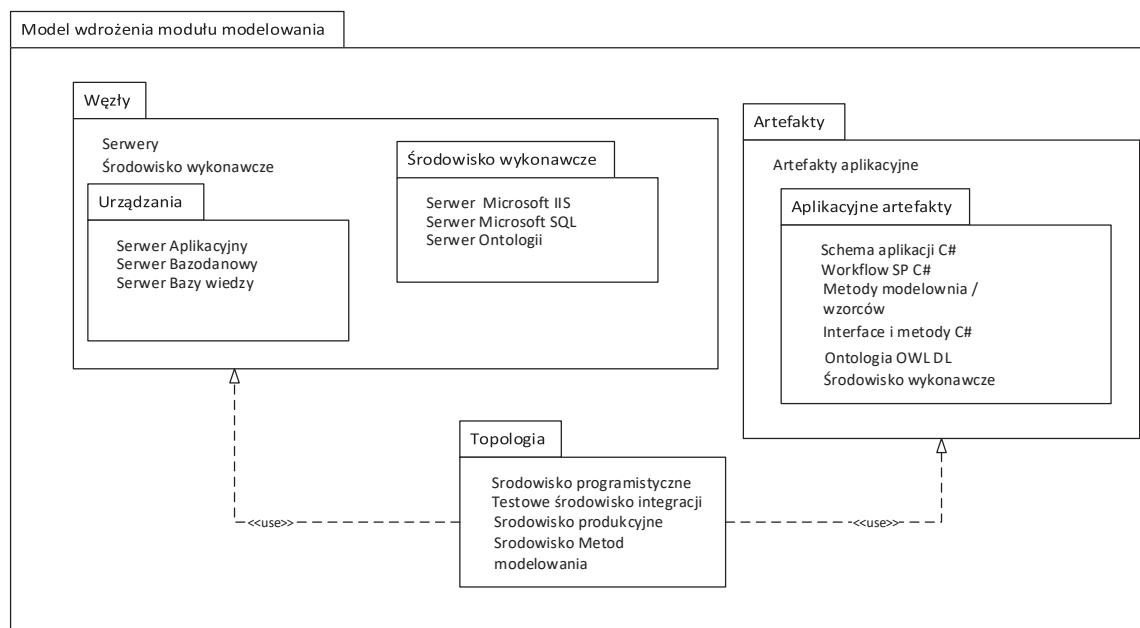
wspomagania procesów RM w zakresie wykonywania pewnych czynności przez ekspertów, zostały rozszerzone o mechanizmy zarządzania informacjami, np. dokumentami, listami i bibliotekami danych. Oprogramowanie pozwala na pełną swobodę elastycznego wdrażania wskazanych mechanizmów przez możliwą ich modyfikację. Umożliwia realizację typowych scenariuszy biznesowych, takich jak: zatwierdzanie zadań, zbieranie opinii, zbieranie podpisów, śledzenie przepływów informacyjnych, zatwierdzanie edycji i usuwanie, zatwierdzenia grupowe, a nawet zarządzanie tłumaczeniami. Postęp wykonywanych zadań, można śledzić na bieżąco na wykresie Gantta. Wszystkie wspomniane funkcje mają możliwość integracji z pakietem Microsoft Office 2010 i wyższym. Sharepoint również udostępnia wersję mobilną środowiska z przeznaczeniem na urządzenia wyposażone w system Android oraz IOS.

Diagram aktywności dla tego modułu zawarto na Rys. 4.28. Finalnie dokonano implementacji tego modułu zgodnie z diagramem pakietów zawartym na Rys. 4.29.



Rys. 4.28 Architektura procesowa warstwy modelowania.

Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.29 Koncepcja implementacji warstwy modelowania.
Źródło: Opracowanie własne.

4.2.6 Moduł analityczny

1. Definicja modułu

Komponent Decyzyjny jest odpowiedzialny za właściwą realizację procesu wspomagania podejmowania decyzji. Zawiera zestaw metod analitycznych pozwalających na analizę modeli dostarczonych przez warstwę modelowania. W rozdziale piątym zaprezentowano dedykowaną metodę analityczną dla RM typu AADTP dla zastosowań TT. Metody mogą być stosowane indywidualnie lub zbiorczo zależnie od potrzeb decyzyjnych. Podstawowa metoda pozwala na analizę decyzyjną z zastosowaniem algorytmów optymalnego sterowania budujących plan strategiczny lub operacyjny. Ten element podejmowania decyzji zostanie omówiony szerzej w kolejnym rozdziale.

2. Aspekty projektowe modułu decyzyjnego

Efekt wynikowy funkcjonowania modułu decyzyjnego, stanowi diagram roadmappingowy reprezentujący efektywny plan strategiczny użytkownika metod TT. Konstrukcje diagramu przeprowadza się w oparciu o fuzję trajektorii optymalnych sterowań obiektów identyfikowanych na warstwach zgodnie ze zdefiniowanymi preferencjami decydentów. Diagram ten jest również utożsamiany z planem sieciowym. Sposób implementacji algorytmu optymalnego sterowania wspomagający proces podejmowania decyzji zostanie zaprezentowany w rozdziale piątym.

3. Implementacja Modułu decyzyjnego

Realizację SWD wykonano, w głównej mierze z wykorzystaniem środowiska Sharepoint. Ten temat był już częściowo omawiany przypadku opisu innego modułu. W kontekście modułu decyzyjnego, oprogramowanie to dostarcza bogatej biblioteki narzędzi kreowania środowiska pracy grupowej służącej głównie realizacji procesu RM. Zaimplementowane funkcje, w kontekście wsparcia procesu RM, zebrano w Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Implementowane metody modułu analitycznego.

Obszar funkcjonalny	Narzędzia oraz metody	Wzorzec SWD	Zastosowanie w kontekście SWD
Praca Grupowa / Grupowe podejmowanie decyzji	Zarządzanie przepływem pracy w organizacji, tzw. Workflow.	Knowledge based	SharePoint dostarcza zestawu narzędzi niezbędnych wspomaganie pracy grupowej w sensie kreowania grup oraz nadzoru nad pracą grupy. Możliwość zarządzania zadaniami przez ich podział pomiędzy osoby zaangażowane w projekt, przydzielenie im odpowiednich zasobów, a finalnie -integracja wiedzy w jeden spójny projekt.
Komunikacja	Komunikacja wewnętrzna czat, poczta, kalendarze, kontakty, zadania, składniki web parts	Communication based	SharePoint zapewnia dobrą komunikację wewnątrz zespołu realizującego zagadnienia decyzyjne, zapewniając im stały dostęp do aktualnych informacji na temat bieżących zadań, terminów, poczty, itp.
Obszary robocze (workplaces)	Strony internetowe, zarządzenie dokumentami, wiki, blogi, składniki web parts.	Communication based	Sharepoint dostarcza narzędzi pozwalających użytkownikom na swobodne organizowanie, udostępnianie i wyszukiwanie informacji, publikację własnych treści, tworzenie dedykowanych form dyskusji w określonym obszarze problemowym, z wykorzystaniem forum dyskusyjnego, wiki, bloga, etc.
Dodatkowe wsparcie procesu analitycznego	Udostępnione dedykowane metody i aplikacje	Model based, data based	Dostarczenie dedykowanych metod analitycznych lub korzystanie z ich fuzji celem wsparcia procesu całościowo. Zastosowanie inteligentnych mechanizmów ułatwiających proces analityczny, np. mechanizm webparts

Źródło: Opracowanie własne

Diagram aktywności dla tego modułu zawarto na Rys. 4.30. Finalnie dokonano implementacji tego modułu zgodnie z diagramem pakietów zawartym na Rys. 4.31.

4.2.7 Moduł prezentacji wyników procesu

1. Definicja modułu

Zadaniem modułu prezentacji jest dostarczenie metod dystrybucji rezultatów uzyskanych w procesie decyzyjnym. Działanie to może odbywać się w dwojaki sposób: interakcja człowiek-system lub udostępnienie zasobów wynikowych w postaci DRM wraz z opisem w formie ontologicznej pozwalającej na import tej wiedzy do zewnętrznych systemów. Z reguły ten element sprowadza się w podstawowej wersji funkcjonalnej zmierzającej do dostarczenia metod poprawnej interakcji pomiędzy systemem, a decydentem na końcowym etapie decyzyjnym w celu zapoznania się z wynikami procesu decyzyjnego. W przedstawionym modelu SWD, moduł ten służy do współdzielenia efektów pośród interesariuszy uzyskanych w komponentach wspomagania decyzji (moduł modelowania oraz analityczny). Efektem działania warstw analitycznych zgodnie z przyjętą metodyką RM powstaje plan w formie DRM. Element ten jest obiektem wyjściowym do modyfikacji opracowanego planu. Uproszczenie przekazu następuje poprzez przetwarzanie danych i informacji w sposób wizualny dostosowany do percepcji i funkcji, jakie pełni użytkownik w systemie.

2. Aspekty projektowe modułu prezentacji

Proces projektowania modułu prezentacji SWD dedykowany problemowi transferu technologii jest specyficznym zagadnieniem. Zgodnie z przyjętą w rozprawie metodą, DRM stanowi efekt procesu decyzyjnego, który może być wdrożony w określonym podmiocie, zawierającym elementy TT. Podstawą metod prezentacji jest wizualizacja treści w postaci DRM wraz z dodatkowym opisem sytuacyjnym. Opracowane mechanizmy interakcji spełniają podstawowe zasady związane z ergonomią projektowanego interfejsu oraz uwarunkowania wynikające z psychologii kognitywnej.

3. Implementacja modułu prezentacji

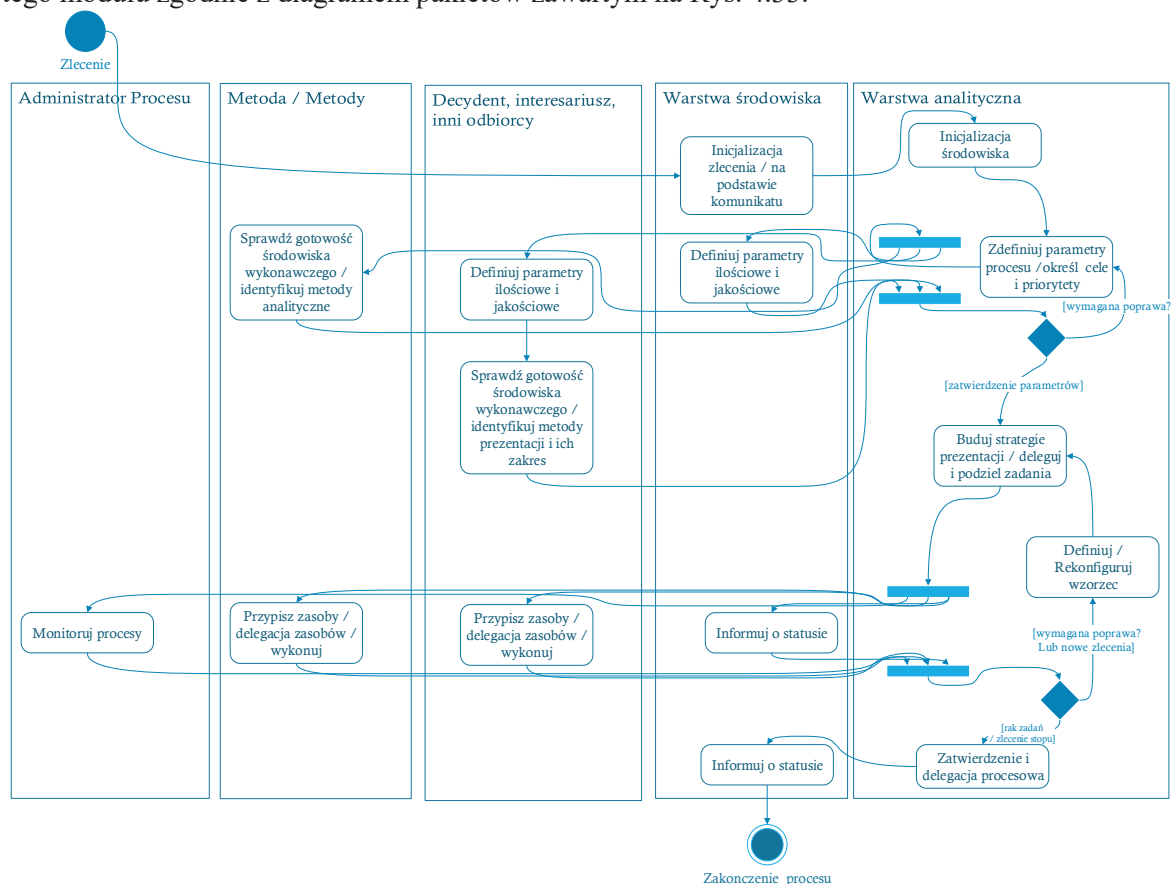
Implementacja modułu wizualizacji powinna być zgodna z wewnętrzną strukturą, tj. metodami dostarczonymi przez podrzędne warstwy oraz moduły systemu. Ponadto, dostarczenie metod adaptacji powinno być jednym z głównych wymogów formalnych projektowanego modułu wizualizacji. Adaptacja, postrzegana jako możliwość dostosowania się do charakteru przedmiotowego przekazu oraz podmiotowego odbiorcy, jest kluczowym elementem SWD. W drodze analizy wyszczególniono dwie podstawowe kategorie użytkowników: decydent oraz ekspert. Zależnie od przynależności do odpowiedniej kategorii każda z wyszczególnionych grup nabywa większy lub mniejszy zestaw praw i funkcjonalności.

Moduł prezentacji zaimplementowano w oparciu o platformę aplikacji webowych Microsoft SharePoint wzbogacony o inne narzędzia wizualizacyjne takie, jak Silverlight oraz WPF. Silverlight i WPF (ang. *Windows Presentation Foundation*) stanowią technikę pozwalającą na wyświetlanie treści multimedialnych z wykorzystaniem przeglądarki internetowej lub aplikacji desktopowej oraz konstruowanie interface'ów. Obydwie technologie pozwalają na konstrukcje nowych sposobów komunikacji użytkownika ze środowiskiem (z naciskiem na wizualizowanie treści).

Dobór wskazanych technologii nie jest przypadkowy, lecz w przekonaniu autora wynika z wyjątkowo użytkowych funkcji tego zestawu. Pierwotnie SharePoint został zaprojektowany celem tworzenia złożonych aplikacji webowych oraz zintegrowanego wspierania różnych kombinacji następujących elementów: zarządzania, publikacji oraz manipulacji informacjami pomiędzy użytkownikami w sieci korporacyjnej. SharePoint jest elastyczną wielozadaniową platformą, pozwalającą na zarządzanie treścią i ochronę jej bezpieczeństwa w środowisku rozproszonym. Ponadto, Sharepoint może pełnić rolę platformy deweloperskiej, za pomocą której webmasterzy mogą rozbudowywać swoje aplikacje z wykorzystaniem tzw. Webparts (modułów rozszerzających platformę). Aplikacja wspiera również budowanie struktur komunikacji grupowej. Platforma dysponuje również wieloma dodatkowymi narzędziami, które - przy odpowiednim oprogramowaniu - mogą być wykorzystane do zarządzania treścią w danym podmiocie, być wsparciem pracy grupowej z wykorzystaniem narzędzi obiegu dokumentów oraz informacji. System dodatkowo pozwala

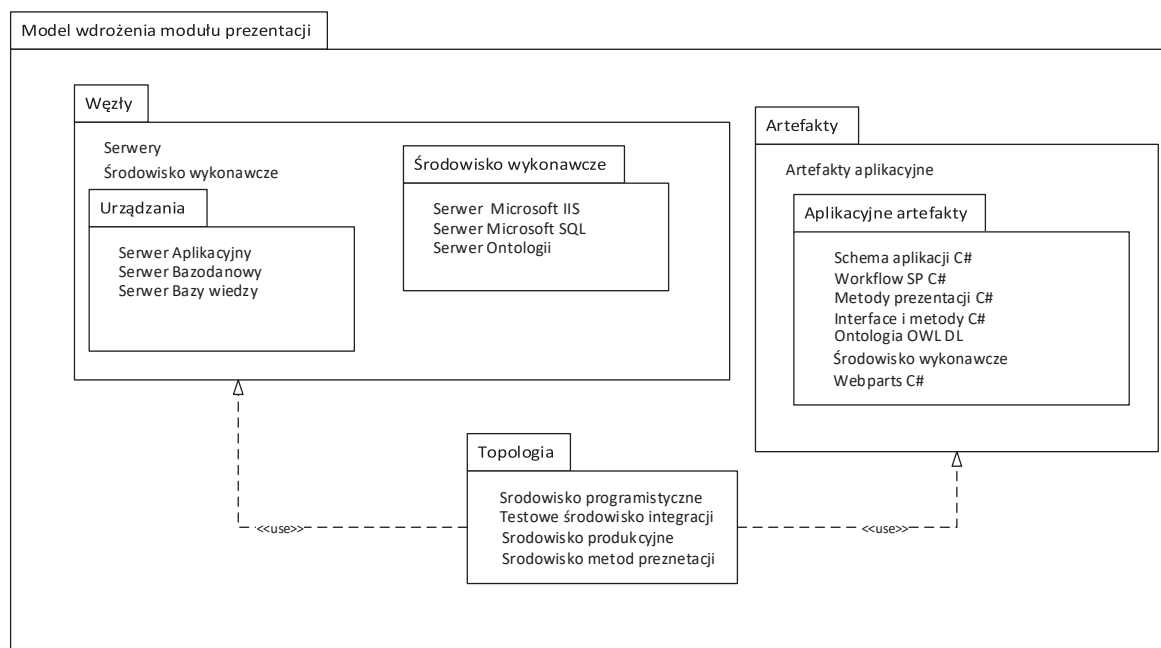
na wytworzenie efektu synergii przez współdzielenie oraz integrację zasobów takich, jak: dokumenty, blogi, fora internetowe, itd.

Diagram aktywności dla tego modułu zawarto na Rys. 4.32. Finalnie dokonano implementacji tego modułu zgodnie z diagramem pakietów zawartym na Rys. 4.33.



Rys. 4.32 Architektura procesowa warstwy zarządzania wiedzą.

Źródło: Opracowanie własne, (diagram aktywności UML).



Rys. 4.33 Koncepcja implementacji warstwy zarządzania wiedzą.

Źródło: Opracowanie własne.

4.3 Podsumowanie

W niniejszym rozdziale opisano szczegóły architektury hybrydowego systemu wspomagania decyzji opartych na metodzie roadmappingu technologicznego. Przedstawiono wszystkie potencjalne możliwości tej architektury, określając, jakie elementy są najważniejsze i możliwe do implementacji w aplikacji wykonanej na potrzeby niniejszej rozprawy. Przedstawiono też model formalny funkcjonowania systemu informatycznego oraz jego modułową konstrukcję, z wyszczególnieniem jego kluczowych komponentów. Należą do nich moduły prezentacji, zarządzania wiedzą, decyzyjny, modelowania, analityczny, środowiska zarządzania systemem, roadmappingu oraz akwizycji wiedzy. W ramach każdego z przedstawionych modułów wprowadzono nowatorskie konstrukcje architektoniczne oraz techniczne, realizujące funkcjonalności zdefiniowane zgodnie ze specyfikacją podaną w *Rozdziale trzecim*. Przedstawiono też właściwe sposoby implementacji poszczególnych komponentów.

Szczegóły techniczne implementacji, narzędzia, skrypty itp. niewnosząca dodatkowej treści merytorycznej zostały tu pominięte, gdyż czytelnik znajdzie je w opisie wykonanej aplikacji.

Rozdział 5

METODY I TECHNIKI SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI

Moduł realizujący funkcje wsparcia procesu decyzyjnego stanowi najważniejszy komponent systemu. Rozdział piąty zawiera szczegółową prezentację algorytmu wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych, który oparto o teorię systemów zdarzeń dyskretnych. Posłużenie się wskazaną teorią wraz z wykorzystaniem metody roadmappingu pozwala na pełne modelowanie zjawisk technologicznych w różnych typach podmiotów. Identyfikacja modelu pozwala badać zachowanie systemu technologicznego w odpowiedzi na szereg wymuszeń. Otrzymanie wstępnego rozwiązania używanego w trzeciej fazie procesu roadmappingu przyjmuje formę optymalnej struktury wymuszeń dla badanego systemu technologicznego. Wypracowane rozwiązanie pozwalają na osiągnięcie zadawnionych celów strategicznych użytkując przy tym metody transferu technologii zgodnie z AADTP.

W rozdziale zaproponowano własną implementację formalizmu opisu zjawisk identyfikowanych na diagramie roadmappingowym, którą rozszerzono o teorię hiperautomatów i hipergrafu. Wskazana teoria hipergrafu w szerszym względzie niż inne umożliwia poprawne odzwierciedlenie wszystkich typów relacji pomiędzy obiektami identyfikowanymi w systemie technologicznym. Opracowany model w tym Rozdziale został zaimplementowany w module analitycznym.

5.1 Implikacje metodyczne oraz techniczne roadmappingu technologicznego w obszarze zarządzania technologiami

Zagadnienie praktycznego implementowania metod transferu technologii w różnych typach podmiotów stanowi problem często postrzegany w kategoriach spójnego modelowania zachowania na styku różnych systemów: gospodarczych, społecznych, technologicznych i innych. Częste kooperacja tych systemów musi być analizowana jako spójna całość. Na potrzeby decyzyjne wykorzystywane są techniki mające na celu tworzenie modeli symulacyjnych i prognostycznych. Na podstawie tych analiz możliwe staje się oszacowanie zapotrzebowania na odpowiednie technologie wymagane do zapewnienia ciągłości funkcjonowania organizacji w określonym horyzoncie czasowym. Z drugiej strony, rozwój organizacji wymaga poszukiwania czynników pro-wzrostowych, które są w stanie stabilnie budować i zapewnić jej zrównoważony rozwój, np. przez aktywne wyszukiwanie nowych nisz rynkowych, czy sposobności lepszego wykorzystania posiadanych zasobów w formie technologii i wiedzy. Właściwe planowanie strategiczne podmiotów gospodarczych powinno uwzględniać w znacznym stopniu aktywny obrót technologiami wraz z ich optymalizacją kosztową i czasową.

Metoda roadmappingu pozwala na funkcjonalną, czasową i przestrzenną dekompozycję zadania planowania strategicznego różnego typu systemów technologicznych. Spójny model analizy podmiotu gospodarczego wraz z jego otoczeniem powinien pozwolić na określenie zapotrzebowania na technologie. Na tej podstawie możliwa jest identyfikacja techniczna metod pozyskania tych technologii z wykorzystaniem transferu technologii. Metoda RM ma w tym względzie bogaty dorobek, co praktycznie zostało potwierdzone przez wiele instytucji i organizacji działających w segmencie high-tech na przestrzeni wielu lat (por. Rozdział drugi, Sekcja druga).

Jednym z elementów rozprawy jest stworzenie elastycznych algorytmów i metod wspomagających proces decyzyjny na każdym z jego etapów. Elementarnym mechanizmem integracji tego procesu jest propozycja konsolidacyjnej metody modelowania zachowania systemów ekonomicznych, społecznych i technologicznych na potrzeby procesu wspomagania decyzji z wykorzystaniem metody RM. Badanie wrażliwości systemu na różnego rodzaju wymuszenia, staje się elementem wspomagania podejmowania decyzji ułatwiającym opracowanie planu strategicznego. Utworzenie odpowiednich podstaw modelowania systemów będzie miało również wpływ na sposoby zarządzania wiedzą wraz z jej współdzieleniem.

Podejmowanie decyzji w transferze technologii wymusza stworzenie modeli dynamiki i interakcji wskazanych systemów technologicznych. Synteza informacji o podmiocie oraz jego otoczeniu w roadmappingu zmierza do integrowania wiedzy pozyskanej przy analitycznym tworzeniu diagramów roadmappingowych - DRM. Diagram stanowi wizualizację identyfikowanych obiektów, warstw oraz relacji kauzalnych pomiędzy nimi. Często tym elementom towarzyszy opis jakościowy i ilościowy. Wiedza zawarta na hierarchicznych diagramach jest z reguły wystarczająca do zrozumienia zdefiniowanego zagadnienia problemowego w określonych ramach szczegółowości. Na tej podstawie konstruowany jest model wspomagania podejmowania decyzji i finalnie podejmowane decyzje.

Klasyczne podejście do konstrukcji modelu stosowanego w RM przewiduje użytkowanie podstawowych elementów diagramu, jakimi są bloki funkcjonalne oraz relacje pomiędzy nimi. Interakcyjne prace grup ekspertów wypracowują właściwą strukturę tych elementów dla zdefiniowanego problemu technologicznego. Podstawą metody konstruowania DRM jest tu algorytm dyskretyzacji problemów technologicznych (w tym identyfikowanych przez TRM) z wykorzystaniem systemów *zdarzeń dyskretnych* (ang. *Discrete Event System*, skrót SZD). Teoria ta charakteryzuje się modularnością (podział funkcjonalny obszarów analitycznych), co jest ważne z punktu widzenia sposobu zapisu modelu oraz jego udostępniania z wykorzystaniem systemów informatycznych (również w środowisku rozproszonym). Pojęcie modułowości w tym kontekście oznacza możliwość wyodrębnienia funkcjonalnych elementów (części analizowanego zagadnienia), możliwości zapisu i przetwarzania tych elementów w środowisku informatycznym rozproszonym (Rozdział 4).

Teoria SZD jest dosyć często eksploatowanym narzędziem w wielu obszarach zastosowań praktycznych. Można, w tym kontekście, wspomnieć między innymi o pracach Cassandrasa i Lafortune (wprowadzenie od systemów) [301], Boela i Stremersch (podstawa analizy i sterowania SZD) [302]. SZD może być adekwatnym matematycznym formalizmem zapisu wiedzy oraz opisu modelu systemu dynamicznego. Podstawą wypracowania kompleksowej strategii podmiotu z aktywnym wykorzystywaniem narzędzi TT, stanowi budowa modelu decyzyjnego pozwalająca na selekcję (wartościowanie) potencjalnych cząstkowych strategii funkcjonowania identyfikowanych systemów technologicznych i ich integrację w kompleksowy plan strategiczny lub operacyjny.

Analiza i synteza wiedzy na podstawie diagramu roadmappingowego, wymaga wdrożenia odpowiedniego modelu abstrakcyjnego umożliwiającego efektywne modelowanie złożonej struktury systemów technologicznych. W tym przypadku następuje identyfikacja formalnych wzorców statycznych i dynamicznych dla zdefiniowanego problemu decyzyjnego. Aparat opisu powinien uwzględniać interdyscyplinarny charakter metody RM. Ogólna propozycja rozwiązania problemu AADTP i pochodnych została przedstawiona w *Rozdziale pierwszym* oraz *trzecim* oraz w pracach Pukocz i Skulimowski [76], [62], [61, 75]. Wskazana forma modelowania diagramu zagadnień technologicznych może być przedmiotem opisu dedykowanego aparatu matematycznego z wykorzystaniem teorii SZD. Następnie tak przygotowany model może służyć procesom wsparcia podejmowania decyzji na każdym z jego etapów.

Systemy zdarzeń dyskretnych nazywane są również systemami dyskretnego stanu, którego zmiana jest wyzwalana przez zaistnienie asynchronicznego zdarzenia. W literaturze funkcjonuje również odmienna nazwa tych systemów: systemów dynamiki zdarzeniowej. Systemy SZD z powodzeniem są implementowane w zagadnieniach symulacji systemów: produkcyjnych, transportowych, sieciowych systemów sterowania, sterowania robotami, procesów automatyki, itd.

Analizy bibliometryczne tego obszaru nauki potwierdzają, że nie istnieje wzmianka o użytkowaniu wskazanego formalizmu w systemach decyzyjnych w kontekście modelowania zagadnień transferu technologii.

Elementy składowe identyfikowane na DRM stanowią obiekty osadzone w pewnym kontekście, symbolicznie reprezentowane przez warstwy. Dodatkowo, obiekty te posiadają pewną logikę wewnętrzną. Istnieje też możliwość identyfikacji, dla każdego z tych obiektów, związków kauzalnych (z reguły przyczynowo-skutkowych). Wskazane podejście klasyczne roadmappingu może być przeniesione na grunt teorii SZD. Obiekty mogą być uszczegóławiane przez przypisanie im właściwości statycznych i dynamicznych. SZD w tym zastosowaniu, dostarcza mechanizmów modelowania na każdym poziomie abstrakcji. Uwzględnia on również możliwość budowy złożonych struktur bezpośrednio odwzorowując wszystkie zależności obecne na diagramie roadmappingowym. Zgodnie z metodyką RM, diagram zawiera wielowarstwową strukturę obiektów reprezentujących systemy technologiczne i ich otoczenie. Zapanowanie nad złożonością abstrakcji interdyscyplinarnego systemu, powinno zostać osiągnięte jedynie przez możliwość umiejętnego hierarchicznego dekomponowania złożonych elementów na podsystemy i obiekty o mniejszym stopniu skomplikowania. Dostarczenie metod analizy i syntezy zagnieżdżonych struktur, musi zapewnić narzędzia efektywnej symulacji i analizy decyzyjnej. Wskazane cechy potwierdzają zbieżność conceptualną metody roadmappingu oraz SZD.

W teorii SZD można dokonać identyfikacji dwóch zasadniczych nurtów: hiperautomaty skończone oraz sieci Petriego. Semantyka sieci Petriego dedykowana została głównie problemom modelowania synchronizacji systemów równoległych, natomiast semantyka hiperautomatów skończonych pozwala na modelowanie systemów sekwencyjnych. Dla każdego hiperautomatu skończonego (skrót FA) lub sieci Petriego (skrót PN), można skonstruować wzajemnie równoważny model każdego z nich, bez utraty istotnych cech. Szersze opracowanie na temat zagadnień związanych z SZD oraz równoważności tych dwóch modeli można znaleźć między innymi w pracach van Schuppena i in. [303] oraz Cassandras i Lafortune [301]. Pracę te również zawierają wiele przykładów praktycznych implementowania FA i PN w różnym kontekście. Model hiperautomatów skończonych wydaje się bardziej intuicyjny interpretacyjnie do modelowania zjawisk technologicznych identyfikowanych z zastosowaniem RM. Wiele prac poświęcono samemu porównaniu wartości użytkowych tych dwóch metod formalnych, np. [304], [305] i wielu innych. Dokonując analizy tych prac można stwierdzić, że bardziej odpowiednią metodę stanowią hiperautomaty skończone.

Wybór właściwego formalizmu oparto na analizie funkcjonalnej metod SZD w kontekście ich wartości użytkowych. Podstawową zaletę FA (szczególnie tzw. *timed hiperautomata*) stanowi: łatwość interpretacyjna i modelowania złożonych problemów technologicznych, swoboda konstrukcji hierarchicznych i zagnieżdżonych ewoluujących modeli (technologicznych, gospodarczych, socjologicznych, itp.), integracja różnych technik modelowania interakcji obiektów będących przedmiotem analizy. Najważniejszą jednak zaletą jest zbieżność tej techniki analitycznej z metodą roadmappingu. Sieci Petriego są formalizmem równoważnym hiperautomatom skończonym. Jednak w ocenie autora jego interpretacja, jak i sam proces modelowania praktycznych problemów technologicznych zgodnie z metodą roadmappingu może powodować wiele problemów dla zasobów zaangażowanych w ten proces. Model systemu technologicznego w RM jest tworzony interakcyjnie przez zasoby eksperckiego lub inne. Trudno w tym schemacie wymagać od ekspertów z różnych dziedzin poznania nowych sposobów modelowania lub konstruować warstwy pośrednie pomocne w translacji opracowanych modeli.

Opracowana w rozprawie metoda modelowania zagadnień technologicznych sprowadza się do implementacji systemu zdarzeń dyskretnych w formie hiperautomatów. Zapewnia to możliwość dowolnej reprezentacji skomplikowanej struktur decyzyjnych (modelowanych w formie hiperautomatów) i odwzorowania złożonych typów ich interakcji. Finalnie można otrzymać spójny formalizm matematyczny, który umożliwia opis złożonych struktur modelowanej rzeczywistości w formie, tzw. spójnej sieci hiperautomatów. Opracowana metoda powstała również na potrzeby odpowiedniego pozyskiwania, przechowywania, współdzielenia oraz użytkowania wiedzy w systemach informatycznych. Dodatkowo, można stosować proces hermetyzacji pewnych bloków

funkcjonalnych zbieżnie z ogólną metodą roadmappingu oraz równorzędnie z metodą modelowania obiektowego. Proces ten jest postrzegany, jako możliwość zamknięcia pewnej części systemu w funkcjonalnym bloku analitycznym, zwanym dalej jako „blok elementarny”. Następnym krokiem po identyfikacji tych elementów następuje proces poszukiwania powiązań pomiędzy tym, a innymi częściami składowymi systemu. Przedstawiony scenariusz modelowania ma istotny wpływ na formę i kształt architektury systemu IT.

Wiedza o problemie w metodzie RM budowana jest stopniowo, z wykorzystaniem hybrydowych metod pozyskiwania wiedzy i informacji pozwalających na właściwe przyrostowe techniki modelowania (Rozdział 4). Niepewność zachowania systemów technologicznych, podobnie jak trudności w pozyskiwaniu odpowiedniej informacji, jest zasadniczo duża dla tej klasy problemów. O problemach, w tym względzie, może świadczyć główne użytkowanie wiedzy eksperckiej. Zatem, sposób modelowania powinien uwzględniać możliwość elastycznego dokonywania podstawowych operacji na modelu, tj. rozszerzania, usuwania, modyfikowania części składowych systemu, ze względu na pojawienie się nowych informacji.

Pozyskanie i przetwarzanie wiedzy w podsystemach informacyjnych oraz uzupełnienie jej o metody automatycznej akwizycji i przetwarzania informacji, powinno w dodatkowy sposób determinować sposób modelowania systemu TT w kontekście podejmowania decyzji. Ponadto, możliwość abstrakcji lub dynamicznego uszczegóławiania wybranych obiektów (bądź podsystemów), stanowi dodatkowy atut rozwijanej metody modelowania. Skorzystanie z teorii hiperautomatów jako podstawy opisu własności statycznych i dynamicznych systemu dyskretnego identyfikowanego na diagramach roadmappingowych, jest jednym z fundamentalnych elementów niniejszej pracy.

W dalszej części pracy zostanie zaproponowany rozszerzony formalizm matematyczny umożliwiający modelowanie oraz symulację systemu technologicznego, identyfikowanego na diagramach RM z wykorzystaniem teorii hiperautomatów. Sposób opisu hiperautomatów za pomocą przedstawionej teorii będzie spójny z tym, który zostanie użyty finalnie w systemie. Klasyczna teoria hiperautomatów w kontekście sterowania, została omówiona szerzej w pracach Cassandrasa i Lafortune [301], Seatua i in. [306], Yankova [307], Hruza i Lafortune [308] i wielu innych. Na tym etapie, kolejno zostaną przedstawione wybrane fragmenty teorii hiperautomatów celem przybliżenia i zrozumienia zasady ich funkcjonowania. Następnie będą wprowadzone modyfikacje teorii celem jej dostosowania, z wykorzystaniem hipergrafów do rzeczywistych potrzeb systemu decyzyjnego.

5.2 System zdarzeń dyskretnych jako narzędzie modelowania złożonych systemów technologicznych w metodzie roadmappingu

Klasyczna teoria hiperautomatów nie jest wystarczającym formalizmem do właściwego opisu złożonych zjawisk technologicznych z wykorzystaniem metody roadmappingu (np. poz. [301], [61], [20]). Autor proponuje rozszerzenie teorii SZD o elementy teorii hipergrafów. Hipergraf stanowi uogólnienie pojęcia grafu, zgodnie z Voloshin i in. [309], Gallo i in. [310]. [311]). W teorii hipergrafów podstawą rozważań jest uogólnione pojęcie stanu, jako tak zwany hiperstan.

Def. 5.1 Hipergraf

Hipergrafem H nazywa się parę V i E (zapisujemy: $H = (V, E)$), gdzie V będzie niepustym zbiorem n wierzchołków oraz $E = \{e_1, \dots, e_m\}$ będzie zbiorem m krawędzi, które stanowią podzbiory zbioru wierzchołków V .

Dokonując przeglądu literatury, czytelnik nie znajdzie prac poświęconych integracji teorii hipergrafów oraz systemu zdarzeń dyskretnych w kontekście transferu technologii i roadmappingu. Hipergraf z definicji umożliwia modelowanie dynamiki identyfikowanych obiektów na wielu warstwach równocześnie zgodnie z koncepcją RM. Ta własność nie jest dostępna w sposób intuicyjny interpretacyjnie dla innych metod, np. multigrafów.

W niniejszym punkcie zostanie zaprezentowana teoria SZD w taki sposób, by wskazać pewne pozytywne cechy stosowania tego formalizmu w obszarze: efektywnego tworzenia modeli systemów technologicznych, spójności z RM, prostoty koncepcyjnej i implementacyjnej.

W prezentowanym przypadku postulat zastosowania teorii hipergrafów nie jest przypadkowy, lecz wywodzi się wprost z rzeczowej analizy wielu praktycznych implementacji metody TRM dla realnych problemów transferu technologii (Rozdział pierwszy i drugi). Użytkowanie koncepcji automatu standardowego (zwanego klasycznym, DFA [301]) do tworzenia modeli systemów technologicznych: utrudnia właściwą identyfikację ich dynamiki, nie pozwala na wielokontekstową analizę sytuacyjną, a finalnie utrudnia tworzenie dobrych jakościowo modeli.

Celem rozszerzenia percepcji postrzegania całego systemu technologicznego, w szczególności tworzenia właściwych modeli interakcji, konieczne jest wdrożenie odpowiednich metod abstrakcji z wykorzystaniem modeli matematycznych. Muszą one pozwalać na szersze modelowanie dynamiki złożonych podsystemów (np. wielowarstwowość czynników wpływających na dany system technologiczny) lub złożonych relacji występujących pomiędzy obiektami. W literaturze obecnych jest kilka rozwiązań fundamentalnych SZD realizujące przytoczone cele. Zaliczyć do nich można między innymi hiperautomat Moorea oraz Mealya [312]. Na podstawie tych rozważań wraz z uzupełnieniem ich o teorię hipergrafów możliwe staje się utworzenie nowej klasy automatów, tzw. hiperautomatów.

Poniżej zostaną przytoczone definicje podstawowe definicje i twierdzenia pozwalające na operacyjne wykorzystanie nowej struktury. Automat stanowi dyskretny model układu dynamicznego powstały na bazie obserwacji (np. określonego systemu technologicznego). W wielu przypadkach jest on ekwiwalentem symbolicznego modelu rejestrowanego na DRM w metodzie RM. Taki uniwersalny model przedstawiono w Def. 5.2. Między identyfikowanymi hiperstanami mogą występować krawędzie skierowane opisane za pomocą funkcji przejścia. Krawędzie reprezentują hiperzdarzenia rozpoznawane do wykonania przez hiperautomat. Aktywowanie hiperzdarzenia jest równoznaczne ze zmianą jego hiperstanu. W odniesieniu do RM, każdy obiekt identyfikowany na DRM można przyporządkować do odpowiadającemu mu modelowi dyskretnemu w formie hiperautomatu. Każdy obiekt w tym przypadku posiada własną logikę opisaną prawami ewolucji przez funkcję Γ (można ją przyrównać do równania stanu obecnego w teorii sterowania). Identyfikacja relacji i powiązań między tymi obiektami tworzy sieć hiperautomatów, która finalnie odzwierciedla rzeczywisty system technologiczny.

Def. 5.2 Deterministyczny skończony hiperautomat (hioperautomat prosty)

Deterministyczny skończony hiperautomat (DFH, ang. Deterministic Finite Hiperautomaton) nazywamy uporządkowaną szóstką $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m)$, gdzie:

S - zbiór stanów,

E - zbiór hiperzdarzeń, $e \in E$, takich że $e = \{T_e, H_e\}$, gdy $T_e, H_e \in 2^S$

f - funkcja przejścia, $f: 2^S \times E \rightarrow 2^S$

Γ - funkcja aktywnych hiperzdarzeń, $\Gamma: 2^S \rightarrow 2^E$

s_0 - hiper stan początkowy, $s_0 \subseteq S$

S_m - zbiór hiperstanów wyróżnionych, $S_m \subseteq S$

Hiperzdarzenia interpretuje się często jako hiperkrawędź hipergrafu. Dodatkowo często funkcję Γ rozpatruje się w kategoriach problemu sterowania adaptacyjnego z nadzorcą (ang. *Supervisory Control*, skrót SC). Gdy rozważany jest hiperautomat jako model prostych zjawisk technologicznych, wówczas każdy z hiperautomatów należy traktować jako indywidualny obiekt (następuje brak identyfikacji relacji z innymi hiperautomatami - relacje binarne i wyższych rzędów). W tej sytuacji możliwe jest użytkowanie uproszczonej formy automatu, jaką zaprezentowano powyżej.

W realnych aplikacjach metody RM często analizuje się przypadki złożonych systemów technologicznych. W tych przypadkach stosowanie formalizmu DFH jest utrudnione, ze względu na konieczność uwzględnienia wielokierunkowych relacji pomiędzy identyfikowanymi obiektami. Zasadne w tym przypadku jest stosowanie rozwinięcia wskazanego formalizmu prostego, które zaprezentowano poniżej.

Def. 5.3 Hiperautomat DFEH (Deterministic Finite Extended Hiperautomaton, hiperautomat pełny)

Deterministyczny skończony hiperautomat rozszerzony (DFEH, ang. *Deterministic Finite Extended Hiperautomaton*) nazywamy uporządkowaną ósemkę

$A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m, S_{in}, S_{out})$, gdzie:

S - zbiór hiperstanów (dla uproszczenia zwanych dalej stanami),

E - zbiór hiperzdarzeń (dla uproszczenia zwanych dalej zdarzeniami – sterowalne i niesterowalne), $e \in E$, takich że $e = \{T_e, H_e\}$, gdy $T_e, H_e \in 2^S$

f - funkcja przejścia, $f: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \times E \rightarrow 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}}$, lub prościej $f: 2^S \times E \rightarrow 2^S$

Γ - funkcja aktywnych hiperzdarzeń (zdarzenia aktywne dla obecnego stanu), $\Gamma: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \rightarrow 2^E$, lub prościej $\Gamma: 2^S \rightarrow 2^E$

s_0 – hiperstan początkowy, $s_0 \in S$

S_m - zbiór hiperstanów wyróżnionych, $S_m \subseteq S$

S_{in} - zbiór hiperstanów wejściowych, $S_{in} \subseteq S$

S_{out} – zbiór hiperstanów wyjściowych, $S_{out} \subseteq S$

S_w – zbiór stanów wewnętrznych: $S_w := S \setminus S_{in} \cup S_{out}$

Hiperautomat $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m)$ ten od tej chwili będzie nazywany hiperautomatem „prostym”, a hiperautomat DFEH $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m, S_{in}, S_{out})$ zawierający pełną definicję hiperautomatem „pełnym”. Definicja uproszczona będzie pomocna w przypadku demonstrowania podstawowych własności hiperautomatu, które zostaną wprowadzone w dalszej części tej sekcji. Co więcej, można zauważyć, że gdy dokona się redefinicji zbioru hiperstanów w następujący sposób $S_{in} \cup S_w \cup S_{out} \subseteq S$ (S_w stany wewnętrzne), wówczas funkcje hiperautomatu mogą zostać uproszczone następujący sposób: $f: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \times E \rightarrow 2^S$, $\Gamma: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \rightarrow 2^E$. Przedstawione operacje spowodują uproszczenie hiperautomatu do postaci prostej $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m)$.

Dodatkowo, często funkcja Γ może być narzędziowo wykorzystywana w przypadku rozszerzania o teorię sterowania z nadzorcą (ang. *Supervisory Control*, skrót SC)([313], [301]). Wówczas implementowane hiperzdarzenia mogą być moderowane przez dedykowanego temu celowi nadzorcę. Jego zadaniem jest eliminacja ryzyk, poprawa funkcjonowania całego systemu technologicznego zgodnie z określoną specyfikacją lub narzuconymi ograniczeniami.

Celem symulacji hiperautomatu konieczne jest wprowadzenie następujących definicji pomocniczych:

Def. 5.4 Następcy i poprzednicy stanu hiperautomatu

Zbiór wszystkich hiperstanów następujących po hiperstanie s będzie oznaczane, jako:

$$\Lambda^+(s): 2^S \rightarrow 2^S$$

Zbiór wszystkich hiperstanów poprzedzających hiperstanu s będzie oznaczane, jako:

$$\Lambda^-(s): 2^S \rightarrow 2^S$$

Def. 5.5 Zdarzenia następujące i poprzedzające dla zdefiniowanego hiper stanu

Zbiór wszystkich hiperzdarzeń prowadzących do następników s będzie oznaczane, jako:

$$\Gamma^+(s): 2^S \rightarrow 2^E$$

Zbiór wszystkich krawędzi prowadzących poprzedników s będzie oznaczane, jako:

$$\Gamma^-(s): 2^S \rightarrow 2^E$$

Przykład 5.1 Modelowanie rozwoju technologii informatycznych z wykorzystaniem hiperautomatu

Niech istnieje hiperautomat $HA = (S, E, f, \Gamma, s_o, S_m, S_{in}, S_{out})$, gdzie:

- zbiór hiperstanów: $S = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ zawiera następujące elementy
 x_1 – stan początkowy, projekt nieaktywny
 x_2 – stan reprezentujący osiągnięcie I etapu w rozwoju technologii
 x_3 – stan reprezentujący osiągnięcie II etapu w rozwoju technologii
 x_4 – outsourcing rozwiązania do zewnętrznego podmiotu
 x_5 – stan określający, że projekt jest gotowy do wdrożenia
 x_6 – stan brak aktywności projektu
- zbiór hiperzdarzeń i ich interpretacja:
 $E = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}\}$ (spis kodowy zdarzeń)
i przyporządkowano im następujący opis (specyfikacja zgodnie z Tab. 5.2):
 u_1 – zlecenie zewnętrznej organizacji opracowania projektu (outsourcing)
 u_2 – przydzielenie zespołu naukowego
 u_8 – wsparcie projektu przez współpracę z jednostkami naukowymi
 u_4 – zakup odpowiednich licencji technologicznych
 u_7 – wdrożenie know-how we własnym produkcie z wykorzystaniem własnego zespołu naukowego
 u_3 – zakup i ocenę negatywnie licencje
 u_5 – wykorzystaj zakupione licencji, badanie ich przydatności w produktach
 u_6 – opracuj produkt zgodnego z obecnie obowiązującymi normami
 u_9 – opracowanie produktu opartego na zewnętrznej współpracy z organizacjami wraz z wykorzystaniem zewnętrznych licencji

Wprost z definicji hiper zdarzenia to pary zbiorów, przykładowo zgodnie z Rys. 5.1 $u_1 = \{T_{u_1}, H_{u_1}\}$, gdzie $T_{u_1} := \{x_1\}$, $H_{u_1} := \{x_5\}$, (zgodnie z Tab. 5.2 i Tab. 5.1, odpowiedni kolumny T_{u_k} -1 i H_{u_k} -4).

- zbiór stanów wyróżnionych $S_m = \{s_3\}$
Stan wyróżniony w prezentowanym przykładzie jest rozumiany, jako osiągnięcie odpowiedniej dojrzałości technologicznej TRL, która pozwoli na wdrożenie technologii na docelowym rynku konsumenckim.

Funkcje f oraz Γ zdefiniowano zgodnie z Rys 5.1. przedstawiającym hiperautomat

- s_1 – stan początkowy, od którego rozpoczyna się rozwój technologii informatycznej.
- $S_{out} = \{o_1, o_2\}$ – zbiór stanów wyjściowych.
 $o_1 := 0$ – stan wyjściowy reprezentujący zdarzenie symbolizujące brak opracowania produktu – produkt niegotowy, brak wymaganej dojrzałości technologicznej wg Technology Readiness Level (skrót TRL) < 6
 $o_2 := 1$ – stan wyjściowy reprezentujący zdarzenie symbolizujące ukończenie opracowania produktu oraz gotowość do produkcji.

Stan wyjściowy jest zgodny z poniższą tabelą:

- S_{in} – zbiór stanów wejściowych $S_{in} = \{a_1, a_2\}$

Można uwzględnić to hiper wejście w $f: 2^S \times E \rightarrow 2^S$, gdy $S_{in} \in 2^S$, wtedy gdy stan wejściowy określono jako $S_{in} = \{a_1, a_2\}$. Opis słowny funkcji wejściowej S_{in} zaprezentowano w Tab. 5.2. ■

Tab. 5.1 Specyfikacja funkcji f dla stanów wyjściowych S_{out} .

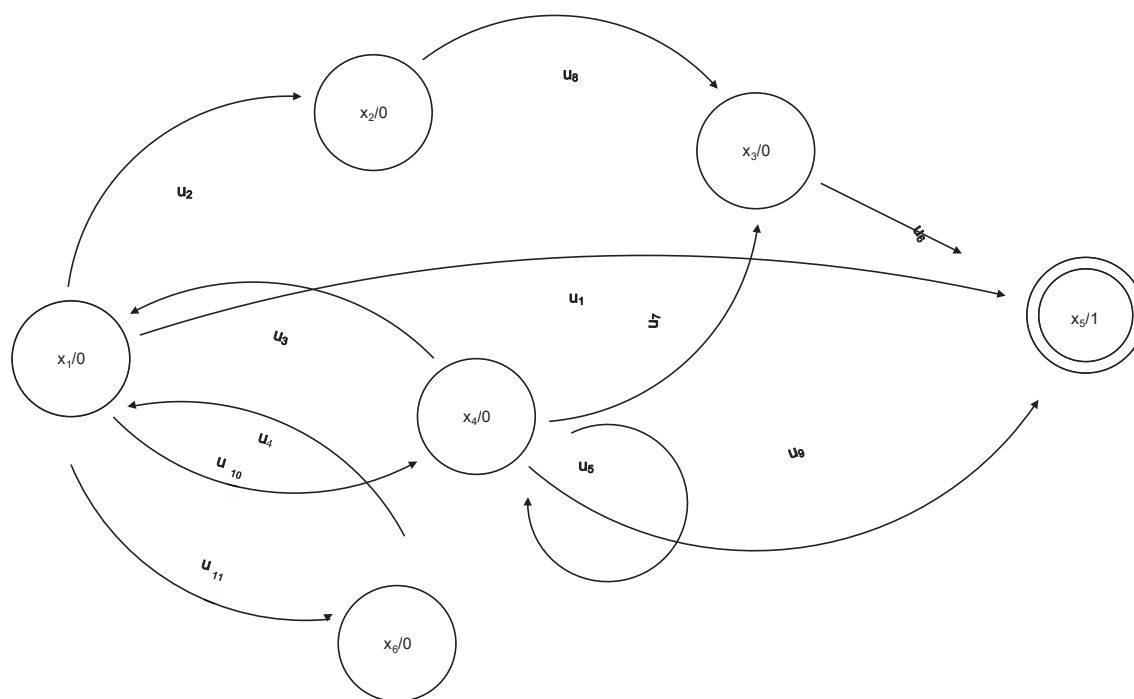
Lp.	S_w	S_{out}	Interpretacja / Cecha jakościowa
(0)	(1)	(2)	(3)
1.	x_1	0	brak wymaganej dojrzałości technologicznej wg Technology Readiness Level (skrót TRL) < 6
2.	x_2	0	brak wymaganej dojrzałości technologicznej wg TRL < 6
3.	x_3	0	brak wymaganej dojrzałości technologicznej wg TRL < 6
4.	x_4	0	brak wymaganej dojrzałości technologicznej wg TRL < 6
5.	x_5	1	produkt gotowy do wdrożenia, poziom TRL ≥ 6
6.	x_6	0	brak wymaganej dojrzałości technologicznej wg Technology Readiness Level (skrót TRL) < 3

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 5.2 Specyfikacja funkcji przejścia f .

Lp.	S_w (obecny)	E	S_{in}	Λ^+ (s)	Interpretacja / Cecha jakościowa
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	x_1	u_1	o_2	x_5	zakup licencji i innych praw IP (a_1) umożliwia zlecenie rozwoju oprogramowania do zewnętrznych kooperantów, TRL min. 1
2.	x_1	u_2	o_1	x_2	opracowanie prototypu aplikacji, etap rozwoju TRL 4
3.	x_1	u_4	o_1	x_4	zlecenie zewnętrzne oprogramowania u kooperantów zewnętrznych, opracowanie prototypu aplikacji, etap rozwoju TRL 4
4.	x_4	u_3	o_1	x_1	weryfikacja spójności oraz jakości modułów oprogramowania, TRL 3
5.	x_2	u_8	o_2	x_3	zakup zdefiniowanych licencji i ich wdrożenia w ramach własnych prac rozwojowych, opracowanie prototypu aplikacji, etap rozwoju TRL 4
6.	x_4	u_5	o_1	x_4	operacja walidacji i rozwój opracowanej technologii przez kooperanta z wyznaczonymi testami jednostkowymi modułów aplikacji min. TRL 3
7.	x_4	u_7	o_1	x_3	brak możliwości wykonania oprogramowania na etapie rozwoju TRL > 4. Aplikacja zostaje skierowana do realizacji w wewnętrznych działach rozwojowych
8.	x_4	u_9	o_1	x_5	opracowanie prototypu aplikacji u kooperantów zewnętrznych, etap rozwoju min. TRL 6
9.	x_3	u_6	o_1	x_5	opracowanie prototypu aplikacji, etap rozwoju min. TRL 7
10.	x_3	u_6	o_2	x_5	opracowanie prototypu aplikacji, etap rozwoju min. TRL 7, oprogramowanie zawiera dodatkowe moduły zakupiono podstawie licencji rozszerzające znacznie funkcjonalności.
11.	x_1	u_{10}	o_2	x_6	brak możliwości kontynuowania projektu
12.	x_1	u_{10}	o_1	x_6	brak możliwości kontynuowania projektu
13.	x_6	u_{11}	o_1	x_1	restartu projektu
14.	x_6	u_{11}	o_1	x_1	blokada procesowa projektu

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5.1 Przykład hiperautomatu z wyróżnionym wejściem i wyjściem opisującego zagadnienie rozwoju oprogramowania.

Źródło: Opracowanie własne.

Powiązania pomiędzy obiektami identyfikowanymi w TRM mogą grupować obiekty w złożone struktury, powstają wtedy struktury zagnieżdżone automatów. Jako przykład może posłużyć sposób modelowania rozwoju rodziny produktów, np. bateria urządzeń przenośnych. Model składa się w tym przypadku z sieci automatów, a każdy z nich modeluje jednej z alternatyw technologicznych podlegających zdefiniowanym prawom ewolucji. Sposób identyfikacji tych obiektów został wskazany przez metodę RM [75]. W analizie zagadnienia problemowego AADTP (Rozdział trzeci) i pochodnych uwzględnia się wyłącznie obiekty mające istotny wpływ na badane zjawisko, pozostała informacja jest pomijana. Utworzony w ten sposób model systemu technologicznego z informacyjnego punktu widzenia stanowi wystarczający zasób wiedzy na temat zdefiniowanego problemu decyzyjnego i może być przedmiotem analizy decyzyjnej.

Zbiór hiperzdarzeń E zawiera wszystkie potencjalne zdarzenia identyfikowane w procesie RM potrzebne do wygenerowania pełnego opisu hiperautomatu. Z założenia implementowany w tym miejscu hiperautomat jest deterministyczny. Sformułowanie to odnosi się do pojęcia jednoznaczności otrzymanego zbioru alternatyw potencjalnych aktywnych hiperkrawędzi w każdym kroku i jednoznaczności ich interpretacji ich aktywacji. Implikuje to, że funkcja $f: 2^S \times E \rightarrow 2^S$ dla danej kombinacji hiper stanów i zdarzeń odwzorowuje dokładnie jeden stan kolejny. Nie ma możliwości identyfikacji takiego zdarzenia, które może prowadzić do dwóch różnych stanów. Stan początkowy s_0 jest każdorazowo definiowany dla hiperautomatu, jako warunek początkowy. Bez określenia tych podstawowych elementów nie ma możliwości poprawnego symulowania działania hiperautomatu. Każdy element zbioru stanów wyróżnionych pełni funkcję elementu kończącego działanie hiperautomatu.

Konstrukcja struktur złożonych (tzw. hiperautomatów hierarchicznych) składających się z hiperautomatów DFEH pozwala na odzwierciedlenie budowy i dynamiki dowolnego systemu technologicznego. Prawidłowe zarządzanie systemem technologicznym w celach decyzyjnych sprowadza się do wyznaczenia kolejnych sterowań tym systemem zgodnych z opracowaną polityką.

Wskazany ciąg sterowań stanowi najkrótsza ścieżka hiperautomatu, tzw. optymalną trajektorię sterowania dla całej struktury globalnie. Ścieżkę tę wyznacza się jako rozwiązanie kompromisowe przez zastosowanie optymalizacji wielokryterialnej zdefiniowanej funkcji jakości (zgodnej z kryteriami i preferencjami decydenta). Stan hiperautomatów złożonych jest hiper stanem, co oznacza że zmiana stanu może oznaczać zmianę równocześnie na kilku warstwach diagramu roadmappingowego (jeśli w procesie RM dokonano identyfikacji relacji wyższych rzędów powiązanych z danym reprezentatywnym obiektem).

Def. 5.6 Czas wyzwolenia zdarzenia [301]

Niech istnieje pełny hiperautomat $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m, S_{in}, S_{out})$, wówczas czas aktywacji zdarzenia $t_a \in \mathbb{R}^+$ (ang. *activation time*, skrót *AT*) oraz czas właściwy zdarzenia $t_l \in \mathbb{R}^+$ (ang. *lifetime*, skrót *LT*), definiuje się jako $t = t_a + t_l$, gdzie $T_A: E \rightarrow T_a$ oraz $T_L: E \rightarrow T_l$. Zdarzenie jest wykonywane przez hiperautomat DFEH dla stanu $s \in S$ zgodnie z Γ tak, że wybrane zdarzenie do aktywacji spełnia następujące kryterium: $\min(t_a)$.

Definicja czasu (Def. 5.6) stanowi w pewnym sensie bezpiecznik w sytuacjach wyścigu wyzwolonych w jednej chwili czasowej zdarzeń, wtedy gdy $\Gamma(s)$ identyfikuje więcej niż jedno aktywne zdarzenie. Zastosowanie odpowiednich algorytmów aktywacji hiperzdarzeń pozwala na eliminację wielu negatywnych zjawisk i ich następstw.

Definicja czasu dla DFEH to w istocie strategia selekcji i aktywowania hiper zdarzeń. W przypadku rozprawy upraszcza się powyższy model do konwencji unitarnej, tzn. gdy $T_L: E \rightarrow T_l$. Wskazane podejście będzie tożsame w przypadku każdego kolejnego przedstawienia hiperautomatu lub jego funkcjonalności w tej rozprawie. W opisie hiperautomatu ten zapis nie musi bezpośrednio występować, lecz domyślnie będzie implementowany do mechanizmu hiperautomatu.

Każde zdarzenie sterowalne lub niesterowalne posiada pewien czas wyzwolenia (aktywacji). Jeśli istnieje kilka hiper zdarzeń identyfikowanych przez $\Gamma(s_i)$, wówczas aktywowane jest w pierwszej kolejności zdarzenie o najkrótszym czasie aktywacji (w przypadku rywalizacji hiper zdarzeń sterowalnych lub niesterowalnych). Często ten czas należy traktować jako okres wdrażania takiej decyzji, by stała się wiążąca. W przypadku, gdy możliwe do aktywacji zdarzenia są sterowalne, istnieje dowolność wyboru przez algorytm odpowiedniego zdarzenia zgodnie z określonym kryterium jakościowym, tzn. procedurą optymalizacji wyboru. W kontekście szerszym działania te nazywane są procesem optymalnego sterowania systemem dyskretnym z nadzorcą SC (Supervisory Control) [314]. W dalszej części ten problem zostanie rozszerzony.

Jeśli przeprowadzi się głębszą analizę tego zjawiska, to można dokonać podziału hiperzdarzeń na sterowania E_C (działanie intencjonalne) oraz niesterowalne (wyzwalane działaniami zewnętrznymi): $E_C \cup E_{UC} \subseteq E$. Jeśli równocześnie dokona się redefinicji zbioru hiperstanów w następujących sposób $S_{in} \cup S_w \cup S_{out} \subseteq S$ (S_w stany wewnętrzne), wówczas funkcje hiperautomatu mogą zostać uproszczone następujący sposób: $f: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \times 2^E \rightarrow 2^S$, $\Gamma: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \rightarrow 2^E$. Przedstawione operacje spowodują uproszczenie hiperautomatu do postaci $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m)$.

Kluczowe zagadnienie dla funkcjonowania hiperautomatu stanowi pojęcie hiper trajektorii (hiper ścieżki). Uprzednio wskazane pojęcia w dalszej części będą stosowane zamiennie oraz uproszczone do trajektorii i ścieżki. Trajektorię definiuje się ją w następujący sposób:

Def. 5.7 Trajektorja

Trajektorią (inaczej hiperścieżką) hiperautomatu nazywamy dowolną uporządkowaną sekwencję $\mu = \{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n\}$, gdzie $\mu_i = 2^S \subseteq S$ długości $n = |\mu|$, gdzie liczba n określa długość hiper ścieżki (zawsze $n > 0$). Każdy z elementów hiper ścieżki ma swojego poprzednika i następnika ze zbioru S .

Trajektorię nazywa się również ścieżką (poz. hipergrafu), by osiągnąć spójność terminologii z teorią grafów. Pojęcie trajektorii może być zamiennie rozpatrywane sekwencji hiperzdarzeń, jak i hiperstanów (zgodnie z predefiniowaną funkcją f hiperautomatu). Trajektorię można zapisać jako zbiór hiperstanów, tj. $\mathcal{V}(\mu)$ oraz ekwiwalentnie - jako zbiór hiperzdarzeń (hiperkrawędzi) $\mathcal{E}(\mu) = e \in E$. Ścieżka posiada wierzchołek początkowy $in(\mu)$ (initial) oraz końcowy $ter(\mu)$ (terminal). Jeśli μ tworzy skończoną rodzinę ścieżek, wówczas zapisujemy ją jako rodzinę Ξ . Dodatkowo każda z trajektorii może zawierać zdarzenia sterowalne i niesterowalne (wariant SC). Można wyróżnić następujące podstawowe własności trajektorii:

1. $\mathcal{V}[\mu] = \cup\{\mathcal{V}(\mu) : \mu \in S\}$,
2. $\mathcal{E}[\mu] = \cup\{\mathcal{E}(\mu) : \mu \in E\}$,
3. $in[\Xi] = \{in(\mu) : \mu \in \Xi \text{ ma stan początkowy } s \in S\}$ (wspólny)
4. $ter[\Xi] = \{ter(\mu) : \mu \in \Xi \text{ ma stan końcowy } s \in S\}$ (wspólny)

Jeśli istnieją takie dwie ścieżki: $\mathcal{V}(A)$ oraz $\mathcal{V}(B)$ takie, że $\mathcal{V}(A) \cap \mathcal{V}(B) = \{in[B]\} = \{ter[A]\}$ wtedy $A * B$ oznacza połączenie dwóch ścieżek A i B .

Poniżej zostaną zaprezentowane dwie podstawowe własności hiperautomatu: dostępność stanu początkowego oraz dostępność stanu wyróżnionego.

Def. 5.8 Hiperautomat z dostępnością stanu początkowego

Dostępnością stanu początkowego nazywamy operację $Dos0(A)$ zmierzającą do modyfikacji pełnego hiperautomatu $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m, S_{in}, S_{out})$. w następujący sposób:

$$Dos0(A) := (S_{ac}, E_{ac}, f_{ac}, \Gamma, s_0, S_{ac,m}, S_{ac,in}, S_{ac,out})$$

gdzie

$$Dos0(A) := \begin{cases} S_{ac} := S \setminus S_{nac}, \text{ gdzie } S_{nac} = \{s \in S : \exists \Xi ([in[\Xi] = \{in(\mu) = s_0\}] \Rightarrow s \notin \mathcal{V}(\mu) \text{ gdy } \mu \in \Xi)\} \\ E_{ac} := E \setminus E_{nac}, \text{ gdzie } E_{nac} = \{e \in E : \exists \Xi ([in[\Xi] = \{in(\mu) = s_0\}] \Rightarrow e \notin \mathcal{E}(\mu) \text{ gdy } \mu \in \Xi)\} \\ f_{ac} = 2^{S_{ac}} \times E \rightarrow 2^{S_{ac}} \\ \Gamma_{ac} : 2^{S_{ac}} \rightarrow 2^{E_{ac}} \\ s_0 \\ S_{m,ac} = S_m \setminus S_{m,nac} \text{ gdzie } S_{m,nac} = \{s_m \in S_m : \exists \Xi ([in[\Xi] = \{in(\mu) = s_0\}] \Rightarrow ter(\mu) \neq s_m \text{ gdy } \mu \in \Xi)\} \end{cases}$$

Przedstawiona powyżej operacja modyfikacji hiperautomatu ma spowodować usunięcie z niego wszystkich niepożądanych stanów $s \in S$ wraz ze wszystkimi zdarzeniami 2^{E_d} , dla których nie istnieje ścieżka prowadząca z hiperstanu początkowego $s_0 \in S$ do tego zdarzenia:

Poprawność powyżej operacji można potwierdzić w sposób indukcyjny, że $Dos0(A)$ zawiera jedynie ścieżki prowadzące ze stanu początkowego do każdego jego stanu s . Operacja dostępności jest tożsama dla stanów ogólnych oraz wyróżnionych. hiperautomat $DosW(A)$ zawiera jedynie ścieżki prowadzące do stanu początkowego s_0 . Usuwanie ścieżek odbywa się w sposób rekurencyjny przez poszukiwanie następników $\Lambda^+(s) : 2^S \rightarrow 2^S$ hiper stanu początkowego i kolejnych hiperstanów.

Def. 5.9 Dostępność stanu wyróżnionego

Operacja $DosW(A)$ prowadząca do usunięcia z hiperautomatu $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m, S_{in}, S_{out})$ wszystkie te hiper stany $s \in S$ wraz ze wszystkimi hiperzdarzeniami 2^{E_d} , z których nie istnieje ścieżka do dowolnego hiperstanu wyróżnionego $s_m \in S_m$. Własność tę nazywa się dostępnością stanu oznaczonego oraz definiuje w następujący sposób:

$$DosW(A) := (S_{acm}, E_{acm}, f_{acm}, \Gamma, s_0, S_m, S_{ac,in}, S_{ac,out})$$

gdzie

$$\begin{aligned}
& DosW(A) \\
& := \begin{cases} S_{ac} := S \setminus S_{nac}, \text{ gdzie } S_{nac} = \{s \in S: \exists \Xi ([ter[\Xi] = \{ter(\mu) = s_m\}] \Rightarrow s \notin \mathcal{V}(\mu) \text{ gdy } \mu \in \Xi)\} \\ E_{ac} := E \setminus E_{nac}, \text{ gdzie } E_{nac} = \{e \in E: \exists \Xi ([ter[\Xi] = \{ter(\mu) = s_m\}] \Rightarrow e \notin \mathcal{E}(\mu) \text{ gdy } \mu \in \Xi)\} \\ f_{ac} = 2^{S_{ac}} \times E \rightarrow 2^{S_{ac}} \\ \Gamma_{ac}: 2^{S_{ac}} \rightarrow 2^{E_{ac}} \\ S_0 \\ S_{m,ac} = S_m \text{ gdzie } S_m = \{s_m \in S_m: \exists \Xi ([in[\Xi] = \{in(\mu) = s_o\}] \Rightarrow ter(\mu) = s_m \text{ gdy } \mu \in \Xi)\} \end{cases}
\end{aligned}$$

Hiperautomat $DosW(A)$ może zawierać jedynie hiperścieżki prowadzące do dowolnego hiperstanu wyróżnionego $s_m \in S_m$. Usuwanie wadliwych ścieżek odbywa się w sposób rekurencyjny przez poszukiwanie poprzedników $\Lambda^+(s): 2^S \rightarrow 2^S$ stanu wyróżnionego.

Def. 5.10 Trajektoria wyróżniona

Ścieżkę wyróżnioną hiperautomatu a będzie stanowić każda ścieżka, którą można wyznaczyć w hiper automacie zredukowanym przez wykonanie operacji $A_{DosW|Dos0} = DosW \cap Dos0(A) = DosW(Dos0(A)) = (S_{DosW|Dos0}, E_{DosW|Dos0}, f_{DosW|Dos0}, S_0, S_m|_{DosW|Dos0})$. Ścieżki wyróżnione tworzą rodzinę ścieżek wyróżnionych Ξ_m taką, że $\Xi_m := \Xi_{DosW/Dos0} \subseteq \Xi$.

Powyższe stwierdzenie wynika to wprost z definicji operacji $DosW \cap Dos0(A)$, gdzie dokonano redukcji hiperautomatu a poprzez usunięcie wszystkich hiperstanów pośrednich i hiperzdarzeń, przez które nie przechodzą trajektorie wyróżnione. Można wykazać w sposób indukcyjny, że trajektorie wyróżnione $M_{DosW/Dos0}$ można bezbłędnie wytyczyć w automacie zredukowanym $DosW \cap Dos0(A)$, gdzie przez każdy stan z S przechodzi ścieżka wyróżniona z rodziny Ξ_m . Ścieżki wyróżnione w hipergrafie identyfikuje się przez implementację algorytmu znajdowania k-najkrótszych ścieżek (por. Eppstein i in. [315], Hertling i in. [316]).

Odwołując się bezpośrednio do metody RM, to ona buduje model systemu technologicznego przez dekompozycje systemu rzeczywistego na istotne elementy składowe. Identyfikuje ona istotne obiekty i relacje pomiędzy nimi. Z kolei te obiekty można grupować w większe zbiory funkcyjne oraz osadzać na warstwach funkcyjnych. Proponowany w tym rozdziale formalizm hiperautomatu umożliwia odwzorowanie przedstawionego podejścia metodycznego RM, typu dziel i rządź. Pomocne w tym względzie jest wprowadzenia pojęcie hiperautomatu złożonego (hierarchicznego). Hiperautomat złożony stanowi zespół hiperautomatów zagregowanych w logicznie bądź funkcjonalnie niepodzielny obiekt (tzw. klaster obiektów) z wyszczególnionymi relacjami pomiędzy obiektami go tworzącymi. Operacja połączenia hiperautomatów jest następstwem identyfikacji silnych powiązań pomiędzy tymi obiektami, tworząc w ten sposób spójną funkcjonalnie jednostkę z punktu widzenia analizy.

Def. 5.11 hiperautomat hierarchiczny (hiperautomat złożony)

Hiperautomatem hierarchiczny będzie nazywany zbiór hiperautomatów wraz z wyszczególnionymi relacjami pomiędzy nimi, który tworzy hiperautomat abstrakcyjny funkcjonalnie lub logicznie spójny.

Modeli systemów technologicznych zbieżnie z metodą roadmappingu, przez zastosowanie hierarchicznych hiperautomatów wymaga wprowadzenia operacji narzędziowych pozwalających na dokonanie właściwej operacji połączenia funkcjonalnego. Wyróżnia się dwie kategorie tych operacji: produkt hiperautomatów oraz równoległa kompozycja hiperautomatów. Wybór pomiędzy wskazanymi metodami połączenia hiperautomatów należy do analityka.

Def. 5.12 Produkt hiperautomatów (na podstawie [301])

Niech istnieją dwa hiperautomaty proste $A_1 := (S_1, E_1, f_1, \Gamma_1, s_{o,1}, S_{m,1})$ oraz $A_2 := (S_2, E_2, f_2, \Gamma_2, s_{o,2}, S_{m,2})$. Produkt dwóch hiperautomatów $A_1 \times A_2$ nazywa się operacją:

$$A_1 \times A_2 := DosW \left(Dos0((S_1 \cup S_2, E_1 \cup E_2, f, \Gamma_{1 \times 2}, (s_{o,1}, s_{o,2}), S_{m,1} \times S_{m,2})) \right)$$

gdzie:

$$f((s_1, s_2), e) := \begin{cases} (f_1((s_1, e), f_2((s_2, e))), & \text{gdy } e \in \Gamma_1((s_1)) \cap \Gamma_2((s_2)) \\ \text{nie zdefiniowane w innym przypadku} \end{cases}$$

wtedy

$$\Gamma_{1 \times 2}(s_1, s_2) = \Gamma_1((s_1)) \cap \Gamma_2((s_2))$$

Def. 5.13 Złożenie (równoległe) hiperautomatów (na podstawie [301])

Niech istnieją dwa hiperautomaty proste $A_1 := (S_1, E_1, f_1, \Gamma_1, s_{o,1}, S_{m,1})$ oraz $A_2 := (S_2, E_2, f_2, \Gamma_2, s_{o,2}, S_{m,2})$. Złożenie dwóch hiperautomatów $A_1 || A_2$ nazywa się operacją:

$$A_1 || A_2 := DosW \left(Dos0((S_1 \cup S_2, E_1 \cup E_2, f, \Gamma_{1 || 2}, (s_{o,1}, s_{o,2}), S_{m,1} \times S_{m,2})) \right)$$

gdzie:

$$f((s_1, s_2), e) := \begin{cases} (f_1((s_1, e), f_2((s_2, e))), & \text{jeśli } e \in \Gamma_1(s_1) \cap \Gamma_2(s_2) \\ (f_1((s_1, e), s_2), & \text{jeśli } e \in \Gamma_1(s_1) \setminus E_2 \\ (s_1, f_2((s_2, e))), & \text{jeśli } e \in \Gamma_2(s_2) \setminus E_1 \\ \text{nie zdefiniowane w innym przypadku} \end{cases}$$

wtedy

$$\Gamma_{1 || 2}(s_1, s_2) = [\Gamma_1((s_1)) \cap \Gamma_2((s_2))] \cup [\Gamma_1(s_1) \setminus E_2] \cup [\Gamma_2(s_2) \setminus E_1]$$

W powyższych dwóch definicjach wykorzystano automat prosty do wprowadzenia nowych własności. Zastosowano ten zabieg celowo, by definicja była bardziej zrozumiała. Nie stoi nic na przeszkodzie, by rozszerzyć przedstawione operacje o człony wejścia i wyjścia hiperautomatu.

Istotny problem, jaki identyfikuje się w teorii SZD, stanowi badanie osiągalności stanów hiperautomatu i jego odporności na blokady. Wskazane funkcje diagnostyczne są nieodzownym elementem implementacji SZD w różnych zagadnieniach praktycznych. Proces decyzyjny winien dostarczać mechanizmów pozwalających na uodpornienie procesu sterowania na problemy blokad, braku identyfikowalności, itp. Wobec powyższego, wprowadzono następujące definicje pomocnicze ułatwiające identyfikowanie elementów niepożądanych. W poniższych definicjach dla uproszczenia zostanie pominięty człon wejścia-wyjścia, tzn. zostaje zastosowany hiperautomat prosty.

Def. 5.14 Hiperautomat z blokadą

Automat prosty $A := (S, E, f, s_o, S_m)$ jest podatny na zaistnienie stanu blokady wtedy i tylko wtedy, gdy zostanie spełniony warunek:

$$\begin{cases} S \subsetneq S_{DosW|Dos0} \\ E \subsetneq E_{DosW|Dos0} \\ S_m \subsetneq S_{m,DosW|Dos0} \end{cases}$$

$$\text{gdy } DosW(Dos0(A)) := (S_{DosW|Dos0}, E_{DosW|Dos0}, f_{DosW|Dos0}, s_o, S_{m|DosW|Dos0})$$

Powyzsza definicja jest również prawdziwa dla hiperautomatu pełnego. Dodatkowo można zauważyć, że identyfikacja blokad w automacie ma kluczowe znaczenie dla jego mechaniki i finalnie dla symulacji przedstawionych w dalszej części tego rozdziału. Przykładowo, jeśli $A :=$

(S, E, f, s_o, S_m) zostanie rozszerzony $\text{ose}S: \exists \Xi([ter[\Xi] = \{ter(\mu) = s_m\}] \Rightarrow s \notin \mathcal{V}(\mu)$ gdy $\mu \in \Xi$ dla $s_m \notin S_{m_{DosW|Dos0}}$ to zawsze istnieje taka ścieżka, która nie prowadzi do stanu oznaczonego. Wtedy hiperautomat jest wadliwy. W podobny sposób można sprawdzać indukcyjnie prawdziwość i zarazem wadliwość hiperautomatu. Istnienie blokady oznacza, że nie istnieje taka polityka, która skutkuje przeprowadzeniem hiperautomatu ze stanu początkowego do wyróżnionego.

Def. 5.15 Odporność na blokady hiperautomatu

Hiperautomat prosty $A: = (S, E, f, s_o, S_m)$ jest odporny na zaistnienie stanów blokady wtedy i tylko wtedy, gdy nie spełnia następujących warunków:

$$\begin{cases} S = S_{DosW|Dos0} \\ E = E_{DosW|Dos0} \\ S_m = S_{m_{DosW|Dos0}} \end{cases}$$

gdy $DosW(Dos0(A)) := (S_{DosW|Dos0}, E_{DosW|Dos0}, f_{DosW|Dos0}, s_o, S_{m|DosW|Dos0})$

Powyższa definicja jest również prawdziwa dla hiperautomatu pełnego. Test odporności na blokady jest kluczowym mechanizmem ochrony symulowanego modelu przed zakleszczeniem. Przykładowo, niech istnieje $A: = (S, E, f, s_o, S_m)$. Jeśli wskazany hiperautomat a zostanie rozszerzony $\text{ose}S: \exists \Xi([ter[\Xi] = \{ter(\mu) = s_m\}] \Rightarrow s \notin \mathcal{V}(\mu)$ gdy $\mu \in \Xi$ dla $s_m \notin S_{m_{DosW|Dos0}}$, to zawsze istnieje taka trajektoria, która prowadzi do stanu oznaczonego $\Xi_m \subset \Xi$. Potwierdzenie prawdziwości powyższej definicji i jej własności można otrzymać w sposób indukcyjny.

Istotną własnością systemów regulacji jest pojęcie sterowalności oraz obserwowalności, co ma szczególne znaczenie w analizie i syntezie tych układów. Ogólnie, sterowalność można odnieść do istnienia takiego sterowania, które pozwala na przeprowadzenie układu w skończonym przedziale czasu do zadanego stanu. W przypadku hiperautomatów użytkowanych w zagadnieniach RM, będzie to z reguły stan wyróżniony (akceptujący), gwarantujący przejście pełnego cyklu hiperautomatu do stanu oczekiwanego przez decydenta.

Def. 5.16 Sterowalność hiperautomatu

Hiperautomat prosty $A: = (S, E, f, s_o, S_m)$ nazywany jest sterowalnym wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdego hiperstanu $2^S \subseteq S$ istnieje co najmniej jedna trajektoria reprezentowane przez ścieżkę μ taką, że $\mathcal{V}(\mu) \subseteq \xi$, gdy istnieje $\xi \in \Xi_{DosW}$ pozwalając na wprowadzenie układu do stanu wyróżnionego przez sekwencyjną aktywację skończonych liczby hiperkrawędzi dla zadanego hiperstanu początkowego.

Powyższa definicja sterowalności stanowi podstawę analizy SZD dla prezentowanej problematyki w rozprawie i pełni podobną funkcję, co kryteria Kalmana oraz Hautusa [317] dla układów liniowych. Można zweryfikować poprawność powyższej definicji w następujący sposób dla hiperautomatu prostego $A: = (S, E, f, s_o, S_m)$, który ma własność sterowalności. Niech hiperautomat a zostanie rozszerzony o zbiór S'' taki, że: $\nexists S' \subset S_{DosW|Dos0}$ oraz $\nexists E' \subset E_{DosW|Dos0}$ lub $\nexists S'_m \subset S_{m_{DosW|Dos0}}$ oraz odpowiadającym im hiperzdarzeń tworząc nowy hiperautomat $A': = (S', E', f', s_o', S'_m)$. Dokonując porównania tych dwóch hiperautomatów: a zawsze będzie sterowalny z uwagi na ścieżki $\mu: \mu \in \Xi_{DosW}$ (z definicji), natomiast A' nie w każdej sytuacji będzie sterowalny z uwagi na możliwość wystąpienia ścieżki μ' , takiej która nie prowadzi do stanu wyróżnionego (zob. $DosW$). Prawdziwość pojęcia sterowalności dla a przeprowadza się indukcyjnie rozpoczynając od kolejnego rozszerzenia hiperautomatu A' o wadliwe elementy.

Możliwość rozszerzania hiperautomatu typu DFEH, które przedstawiono powyżej można porównywać do funkcjonalności jakie oferują automaty Mealyego [312] oraz Moore [318].

Wspomniane automaty posiadają załącznik od typu człon wejścia i wyjścia. Jedynie automaty zawierające te człony pozwalają na właściwe modelowanie złożonych relacji definiowanych pomiędzy obiektami różnego typu (również zbieżnie z metodyką RM). Działanie to pozwala na właściwe odwzorowanie rzeczywistych problemów transferu technologii (np. Rys. 5.2). Przykładowo, wiele sytuacji rzeczywistych w różnych typach podmiotów wymaga identyfikacji rozwiązań technologii substytucyjnych, co prowadzi do naturalnej konkurencji dwóch scenariuszy ewolucji technologicznej lub produktowej. Posłużenie się przedstawionym modelem w tej sytuacji poprawnie odwzorowuje złożone przypadki systemów technologicznych. Odnosząc się do samej metody RM, działanie to pozwala na elastyczne dezagregowania modelu szczegółowych systemów technologicznych na poziomie warstwy lub kilku warstw zależnie od definicji zagadnienia problemowego. Wtedy, dowolny problem planistyczny można rozłożyć na prostsze zagadnienia modelowania, a pomiędzy nimi można identyfikować powiązania (zgodnie z metodą RM). Często zdekomponowane problemy szczegółowe planowania strategicznego i operacyjnego można powiązać z jedną warstwą główną oraz warstwami zależnymi. Przykładowy algorytm symulacji działania hiperautomatu zaprezentowano w Rys. 5.1.

Algorytm symulacji systemu dyskretnego zaprezentowano w Algorytm 5.1. Można zwrócić uwagę na fakt, że wprowadzone powyżej definicje i twierdzenia są użytkowane narzędziowo w przedstawionym. Każdy a automatów identyfikowany jest zgodnie ze szczegółowymi algorytmami identyfikacji obiektów i powiązań pomiędzy nimi zawartej w autorskiej implementacji metody TRM (Załącznik 0.2).

Algorytm 5.1 Symulacja modelu systemu złożonego z hiperautomatów

Deklaracja początkowa zbioru decyzji $set := \emptyset$, inicjuj zbiór hiperautomatów systemowych $\mathring{A} := \emptyset$, definiuj ograniczenia res , zdefiniuj strategię S dla systemu, oraz określ czas $t=0$.

Krok 0: Określ zbiór początkowy hiperautomatów atomowych sterowalnych i bez blokad

$\mathring{A} := \{A_1, A_2, \dots, A_K\}$ identyfikowanych w systemie technologicznym oraz określ graniczny horyzont T

Krok 1: Ustaw stan początkowy s_0 dla każdego $A \in \mathring{A}$

Krok 2: Dokonaj normalizacji zgodnie z ograniczeniami res hiperautomatów $A \in \mathring{A}$ (usuń z hiperautomatów hiper stany i hiper zdarzenia sprzeczne z ograniczeniami, nie badaj na tym etapie spójności)

Krok 3: Identyfikuj funkcjonalne podsystemy wśród hiperautomatów $A \in \mathring{A}$, na podstawie zależności kauzalnych funkcji f, Γ, Ψ

Krok 4: Weryfikuj istnienie dla każdej $s \in S_m$ ścieżek hiperautomatów $A \in \mathring{A}$ powiązanych z innymi hiperautomatami. Jeżeli powiązanie jest błędne, wówczas popraw lub usuń je.

Krok 5: Normalizuj strukturę hiperautomatu $A \in \mathring{A}$, wtedy otrzymuje się odpowiednio hiperautomat $A_{DosW|Dos0}$

Krok 6: Deaktywuj hiperautomaty, które są w stanie wyróżnionym

Krok 7: Określ zbiór aktywnych hiperautomatów $Ac \subseteq \mathring{A}$ i wykonuj kolejne kroki 7.1 – 7.6 dla każdego hiperautomatu z tego zbioru

Krok 7.1: Jeśli hiperautomat nie zakończył aktywacji zdarzenia, pomiń go w tej iteracji (usuń ze zbioru Ac) i przejdź do kolejnego,

Krok 7.2: jeśli jest aktywny, wyznacz aktywne rodziny ścieżek wyróżnionych $\Xi_{AC} \subseteq \Xi$ dla danego stanu, gdzie zbiór akcji jest definiowany na podstawie funkcji Γ ,

Krok 7.3: Dla aktywnego hiperautomatu dokonaj wyboru ścieżki zdarzenia, zgodnego ze strategią S określoną dla systemu i aktywuj ją, zdarzenie to dodaj do zbioru set

Krok 7.4: Jeśli nie wszystkie hiperautomaty w zbiorze Ac zostały aktywowane, przejdź do kolejnego hiperautomatu i rozpocznij od Kroku 7.1

Krok 7.5: Jeśli zbadano wszystkie hiperautomaty ze zbioru Ac i nie wszystkie są w stanie wyróżnionym, przejdź do Kroku 6.

Krok 7.6: Zwiększ licznik czasu $t=t+1$;

Krok 8: Jeśli każdy hiperautomat ze zbioru $\tilde{A}$ jest w stanie wyróżnionym, wówczas zakończ działanie algorytmu lub osiągniesz granicznych horyzont T

Rezultat: wektor sterowań set dla identyfikowanego systemu technologicznego.

Powyższy algorytm charakteryzuje się poprawnymi własnościami obliczeniowymi. Metoda niezmienników Floyda pozwala na zbadanie jego poprawności.

Tw. 5.1 Twierdzenie o poprawność Algorytmu 5.1

Algorytm 5.1 jest algorytmem poprawnym pod względem własności obliczeniowych.

Dowód: Dowód twierdzenia Tw. 5.1 przeprowadzono metodą niezmienników Floyda. Własność stopu algorytmu jest zdefiniowana już przez stałą T . Pierwszy blok algorytmu dokładnie weryfikuje poprawność danych wejściowych (brak blokad, osiągalność stanu początkowego i wyróżnionego). Konstruując nawet złożone struktury, to każdy hiperautomat charakteryzuje się osiągalnością stanu wyróżnionego (również ze względu na wszystkie składowe f, Γ). Indukcyjnie dowód poprawności algorytmu można przeprowadzić dla systemu złożonego z pojedynczego hiperautomatu i to stanowi wystarczającą podstawą dla określenia częściowej poprawności algorytmu. Własność ta będzie niezmienna dla złożonej struktury modelu składającej się z wielu hiperautomatów.

Podstawowa własność algorytmu to istnienie warunku stopu. Pętla jest przerywana w dwóch przypadkach: gdy osiągnięty zostanie warunek zdefiniowanego punktu czasu lub gdy wszystkie hiperautomaty osiągną stan wyróżniony. Osiągalność jednego z tych warunków jest spełniona dla dowolnej struktury problemu, gdzie finalnie zostaje zwrócona ostatnia wartość stanu s (hiperautomatu) oraz wektor decyzji prowadzący do tego ustalonego stanu.

Częściowe udowodnienie poprawności algorytmu sprowadza się do udowodnienia trzech asercji. Naturalną pierwszą asercją stanowi istnienie niepustego zbioru hiperautomatu/ów bez blokad ze zdefiniowanym stanem początkowym. Implikuje to prawdziwość asercji dwa określającej kolejny hiper stan zgodnie z funkcją $f_{i+1} = f_i(2^S, E)$. W kolejnych krokach dla $1 \leq t < T$ asercja 2 zostaje również spełniona, tj. W pętli następuje definicja kolejnego stanu (zmiana lub pozostanie w tym stanie) pod wpływem hiperzdarzeń. W ostatnim kroku iteracji prawdziwość asercji 2 implikuje prawdziwość asercji 3. Oznacza to, że stan wyróżniony został osiągnięty przez każdy z hiperautomatów lub algorytm dotarł do zakładanego horyzontu czasowego T . Na tym etapie otrzymano stan końcowy zgodny z przyjętą polityką. Pełną poprawność algorytmu można wykazać przez dowód, który opiera się na możliwości przedstawienia sytuacji, w której stan ustalony zostaje osiągnięty w skończonej liczbie kroków. W tym przypadku tak jest, co wynika z definicji funkcji f_{i+1} i osiągalności stanu wyróżnionego oraz ograniczonego ciągu zmiennej $t \leq T$. Na tej podstawie można stwierdzić, że algorytm jest całkowicie poprawny.

Przykład 5.2 Modelowanie równoległych systemów technologicznych z wykorzystaniem metod TT

Niech będzie identyfikowany problem NPD-MP (zob. Rozdział trzeci) dla producenta rozwiązań mobilnych, gdzie szczegółowym problemem decyzyjnym jest utworzenie strategii wytwarzania uniwersalnej platformy sensorycznej dla rozwiązań mobilnych (3-Axis Gyro/Accelerometer IC). Model systemu technologicznego w tym przypadku składa się z pięciu hiperautomatów znajdujących się na trzech warstwach, którego diagram

konceptualny zawarto na Rys. 5.2. Przedstawiony przypadek modeluje sytuację substytucji czterech technologii. Każda z nich może tworzyć osobny produkt o zbliżonych cechach wynikowych. Jedna z technologii może być opracowana przez wewnętrzny zespół badawczy, natomiast pozostałe są dostarczane przez podmioty zewnętrzne na zasadzie licencjonowania. Każdy wariant powoduje implikacje kosztowe oraz jakościowe. Rezultat wyboru pewnej trajektorii zdecyduje, które technologie należy rozwijać, by na ich podstawie powstał finalny produkt. Decydent nie ma środków na rozwijanie wszystkich technologii. Odpowiadającą temu zagadnieniu strukturę hiperautomatów przedstawiono na Rys. 5.3. Podstawowy algorytm symulacji pracy hiperautomatu przedstawiono w Algorytm 5.1 oraz przy założeniu, że każdy z obiektów jest hiperautomatem sterowalnym i bez blokad.

Na podstawie procesu RM otrzymuje się model struktury systemu technologicznego, który zawarto na DRM (pełen diagram). Model tego systemu zapisano z wykorzystaniem hierarchicznie powiązanych hiperautomatów DFEH. Wyznaczone sterowania otrzymane w wyniku symulacji systemu zawiera wynikową optymalną strukturę rozwiązania problemu technologicznego zgodnie z preferencjami decydenta. Rozwiązanie to konstruuje sugerowaną strukturę powiązań obiektów w domenie czasowej wizualizowaną na diagramie roadmappingowym. Uzyskana w ten sposób wiedza jest elementem III Fazy procesu roadmappingu. Na tym etapie następuje dyskusja i etapowe zatwierdzanie rezultatów. Akceptacja rozwiązania w dyskusji panelowej kończy III Fazę procesu roadmappingu, która następnie jest kierowana do wdrożenia.

Na rysunku Rys. 5.2 zaprezentowano model dyskretny systemu technologicznego identyfikowanego w procesie roadmappingu technologicznego dla podmiotu branży wysokich technologii (Faza III). System ten zawiera cztery konkurencyjne systemy technologiczne (moduły WHO.x), które mogą zostać pozyskane z wykorzystaniem różnych metod transferu technologii. Trzy metody alternatywnego pozyskania technologii zostały identyfikowane jako zakup licencji, jeden komponent można pozyskać przez rozwój technologii we współpracy z kooperantem. Substytucyjne komponenty mogą alternatywnie posłużyć do wytworzenia nowoczesnej technologii 3-Axis Gyro/Accelerometer IC. Każda z technologii pozwala na uzyskanie produktu o zbliżonych wzorcach użytkowych oraz parametrach technicznych.

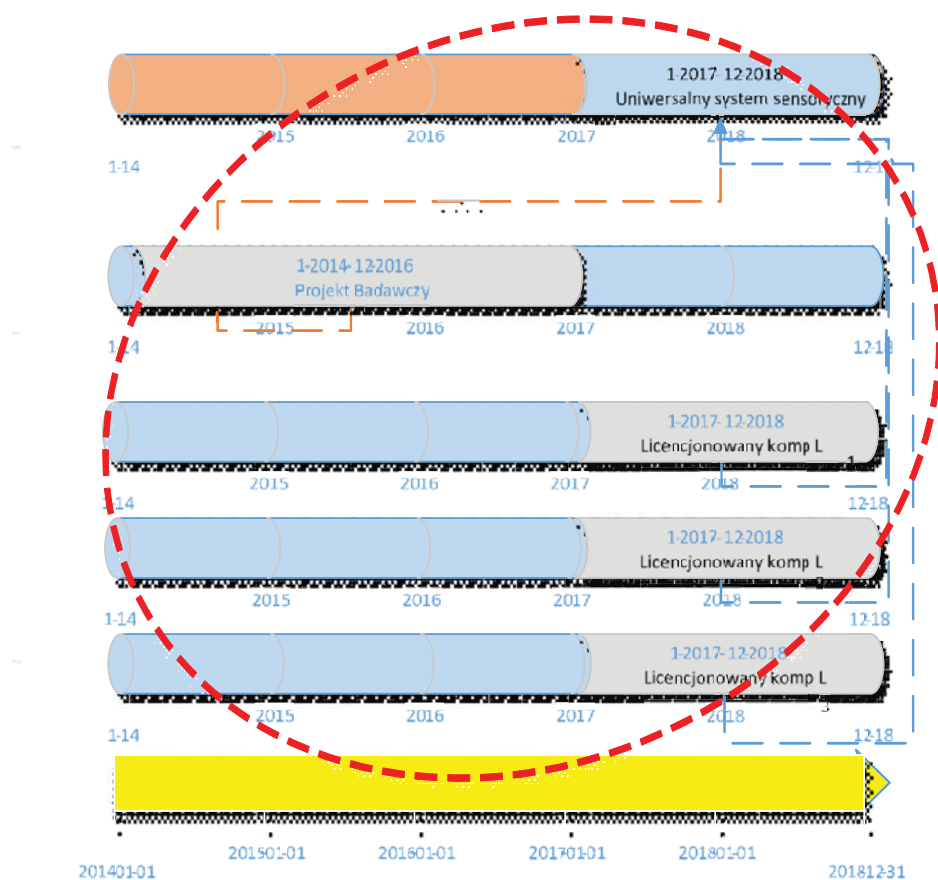
Zgodnie przedstawionym algorytmem symulacja rozpoczyna się od zainicjowania podstawnych parametrów systemu: $set := \emptyset$, $\hat{A} := \emptyset$, ograniczenia res , strategia S. Następnie identyfikowane są poszczególne hiperautomaty atomowe systemu $\{A_1, A_2, \dots, A_K\}$. W kolejnym kroku – Krok 1 wszystkie hiperautomaty zostaną zainicjowane w stanie początkowym. W następnym kroku następuje normalizacja każdego hiperautomatu, tzn. następuje usunięcie z hiperautomatu stanów sprzecznych z ograniczeniami res . W prezentowanym przypadku ograniczenia mają związek z dostępnością komponentów technologii do roku 2017 (muszą być w stanie TRL min. 7). Jeden z hiperautomatów nie spełnia tego ograniczenia A29.

Właściwe wdrożenie każdego z alternatywnych komponentów WHO skutkuje powstaniem finalnie gotowego produktu komercyjnego oferowanego klientom. W prezentowanym przypadku nastąpiła weryfikacja modelu, który jest spójny i nie nastąpiło usunięcie hiperstanów i hiperzdarzeń. W kroku 3, 4 i 5 następuje identyfikacja funkcjonalnych podsystemów oraz weryfikacja spójności struktury hiperautomatów otrzymując hiperautomat spójny $A_{DosW|Dos0}$. Wszystkie hiperautomaty w prezentowanym systemie mogą utworzyć jednolity abstrakcyjny hiperautomat (zdarzenia zależne i konkurencyjne w sferze technologicznej – za wyjątkiem A29). W rozważanym przypadku identyfikowano trzy hiperautomaty alternatywnej konfiguracji komponentów produktu finalnego: dwa komponenty możliwe do pozyskania z wykorzystaniem metod TT (konkurencyjni oferenci licencji) oraz jeden projekt badawczy realizowany wewnętrznie przez dany podmiot wraz z kooperantem. Wdrożenie do produkcji jednego z komponentów spowoduje uniemożliwienie wykorzystania pozostałych komponentów w działalności biznesowej.

Technicznie tę sytuację determinuje funkcja Γ dla każdego hiperautomatu indywidualnie. W Kroku 6 następuje dezaktywacja hiperautomatów będących w stanie wyróżnionym. Przy pierwszej aktywacji takie zdarzenie nie wystąpi. Zgodnie z Krokiem 6 następuje zdefiniowanie zbioru aktywnych hiperautomatów Ac . Należą do tego zbioru wszystkie hiperautomaty identyfikowane w systemie technologicznym. W kroku 7 następuje badanie relacji kauzalnych hiperautomatów, co skutkuje konstruowaniem funkcjonalnych podsystemów. W tym przypadku połączono kilka hiperautomatów w jeden spójny funkcjonalnie hiperautomat $A_{||}$ (redukcja do hiperautomatu $A_{||}$). Funkcjonowanie tego hiperautomatu rozpoczyna się od stanu początkowego (hiperstanu $\{A19.s_1, A30.s_1, A28.s_1\}$). Krok 7.1 zostanie pominięty z uwagi, że hiperautomat nie osiągnął stanu akceptującego. W kroku 7.2 wyznacza się rodzinę aktywnych ścieżek:

$$\Xi_{AC} = \{ \{ [A19.e_1, A13.e_{001}], [A13.e_2] \}, \{ [A30.e_1, A13.e_{002}], [A13.e_3] \}, \{ [A28.e_1, A13.e_{005}], [A13.e_6] \} \}.$$

Kolejny krok 7.2 to wybór zdarzenia optymalizującego zdefiniowaną funkcję jakości (zgodną ze strategią systemu). W tym przypadku dokonano wyboru zdarzenia $[A19.e_1, A13.e_{001}]$ znajdującego się na ścieżce $\{ [A19.e_1, A13.e_{001}], [A13.e_2] \}$. W Kroku 7.4 zbadano wszystkie hiperautomaty, wobec czego przechodzi się do kolejnej iteracji. W kolejnej iteracji dokonano wyboru zdarzenia $[A13.e_2]$, które skutkuje przejściem do zdarzenia wyróżnionego hiperautomatu agregowanego. Na tym etapie kończy funkcjonowanie algorytm. Rezultatem działania algorytmu stanowi wektor sterowań dla tego systemu technologicznego. Wektor ten zawiera trzy zdarzenia w sekwencji: $\{A19.e_1, A13.e_{001}\}, A13.e_2$. Wynikowy efekt funkcjonowania algorytmu można zaprezentować za pomocą DRM, który zawarto na Rys. 5.3. ■



Rys. 5.3 Przykładowa wizualizacja modelu AADTP systemu sensorycznego.
Źródło: Opracowanie własne.

5.3 Wybór optymalnej strategii technologicznej metodą programowania dynamicznego

Zdefiniowanie zasad doboru hiperzdarzeń (decyzji lub inaczej sterowań, także profilowanie SC) dla hiperautomatu stanowi kluczowy problem optymalizacji dyskretnej prezentowany w tym rozdziale. Bazując na Algorytm 5.1 zadanie sterowania należy traktować jako problem sekwencyjny, bądź też problem wieloetapowy. Na każdym z tych etapów (symulacji) jest rozwiązywane zadanie optymalizacji dyskretnej. Zagadnienie to można rozwiązać za pomocą metody *programowania dynamicznego* (ang. *Dynamic Programming*, skrót *DP*). Klasyczny problem DP został omówiony głównie w pracy Bellmana i in. [319], ten nurt był kontynuowany przez jego następców, do których między innymi zaliczają się: Śniedowicz i in. [320], Lew i Mauch [321], Denardo i in. [322] czy wielu innych. Metoda tego typu sprawdza się znakomicie w wielu implementacjach związanych z dynamicznym konstruowaniem strategii inwestycyjnej lub planowaniem strategicznym. W tym kontekście można wspomnieć prace autorów: Yu [323] model inwestycyjny, Heckman i Raut [324] strategia nauczania, Falke i Schnettler [325] planowanie inwestycyjne w przemyśle energetycznym, Gong i Qin [326], Koo i in. [327] budowa strategii inwestycyjnej korporacji.

Programowanie dynamiczne stanowi uniwersalny sposób rozwiązywania problemów wieloetapowych. Metodę tę można w prosty sposób dostosować do rozwiązania zagadnień sieciowych w obszarze planowania strategicznego w transferze technologii. Proces budowy strategii jest w istocie rozwiązaniem szeregu problemów szczegółowych determinowanych przez model dynamiki systemów (np. technologicznych). Konstrukcja strategii stanowi w tej konwencji zdefiniowanie zasad ewolucji systemu oraz wybór sekwencji wskazanych akcji (trajektorii) na poziomie identyfikowanych obiektów sieciowych. Wprawdzie istnieją również inne formalizmy, które można dostosować do wskazanego zagadnienia problemowego kreowania strategii. Do nich można zaliczyć: algebra macierzowa, programowanie dyskretne. W przekonaniu autora rozprawy, użytkowanie metody DP do syntezy decyzyjnej procesów wieloetapowych jest rozwiązaniem prawidłowym w sensie specyfikacji rozwiązywanego problemu. Metoda DP opiera się na następujących zasadniczych założeniach:

- Istnieje możliwość podziału problemu optymalizacji na n -etapów i rozwiązanie z nimi związanych problemów optymalizacji.
- Istnieje równanie rekurencyjne opisujące optymalną wartość funkcji celu dla zadania n -etapowego.
- Proces n -etapowy posiada własność Markowa, tzn. decyzja uzyskana na obecnym etapie zależy od stanu obecnego oraz przeszłego. Nie zależy natomiast od tego, jaką trajektorią poruszał się system uprzednio.

Algorytm DP należy do kategorii algorytmów zachłannych (ang. *greedy algorithm*) [328]. Programowanie dynamiczne opiera się na podziale rozwiązywanego zadania na problemy szczegółowe. Wskazane problemy (jednostkowe) muszą cechować się własnością optymalnej struktury. Oznacza to, że w celu wyznaczenia rozwiązania optymalnego dla całego problemu w każdym kroku dokonuje się tzw. poszukiwania rozwiązania zachłannego, tj. najlepiej rokującego w danym momencie wyboru. Działanie to ma prowadzić do globalnie optymalnego rozwiązania dla całego zagadnienia.

Algorytm DP wprzód jest algorytmem równoważnym algorytmowi programowania dynamicznego w tył. Prezentowana teza oparta jest na spostrzeżeniu, że dokonując odwrócenia zagadnienia problemowego (kierunek łuków) długość najkrótszej ścieżki pozostaje niezmienną. W pracy Bertsekasa [328] przedstawiono dowód na równoważność obydwu podejść DP. Zaproponowana metoda DP wprzód posiada dobre własności numeryczne dla problemów czasu rzeczywistego (również dla problemów hipergrafu nieskończonego). Oprócz wskazanej pracy istnieje wiele opracowań poświęconych temu konkretnemu zagadnieniu dla wielu różnych aplikacji praktycznych, między innymi Alden i Yano [329] zagadnienia produkcyjne, Herrera-Cáceres i Ibeas [330] system księgowy, Bertsekas [331] modeli oceny ryzyka i wiele innych.

Na wstępie w tym rozdziale zdefiniowano specjalną klasę SZD opartą o teorię hipergrafów, która została dedykowana zagadnieniom modelowania systemów sieciowych w obszarze transferu

technologii z wykorzystaniem metody RM. Algorytm DP powinien zostać również dostosowany do tej formy reprezentacji deterministycznego systemu dyskretnego. Celem dalszego wywodu wygodniej jest opisać system dyskretny w formie syntetycznej. Pomocne w tym względzie jest przedstawienie takiego systemu w następującej formie:

Def. 5.17 System hiperdynamiczny z czasem dyskretnym

Niech istnieje hiperautomat sterowalny i bez blokad $A = (S, E, f, \Gamma, s_0, S_m)$, gdzie $E_C \cup E_{UC} \subseteq E$ i $S_{in} \cup S_w \cup S_{out} \subseteq S$, wtedy definiujące go funkcje przyjmują postać: $f: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \times 2^E \rightarrow 2^S$, $\Gamma: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \rightarrow 2^E$ (również SC). System dyskretny z czasem dyskretnym można opisać następującą równaniem: $s_{k+1} = f(s_k, e_{uc,k}, e_{c,k})$ dla $k = 0, 1, \dots, T-1$ gdzie:

s_k, s_{k+1} – elementy przestrzeni stanów hiperautomatu;

$e_{c,k}$ – strategia elementarna (wymuszenie, decyzja), element ze zbioru hiperzdarzeń $e_k \in E$;

$e_{uc,k}$ – zakłócenie – zdarzenie niesterowalne, element ze zbioru hiperzdarzeń $e_{uc} \in E$ (może być pomijany, zależnie od implementacji);

T – horyzont;

W pewnych sytuacjach prościej posługiwać się uproszczonym modelem, tzn. funkcja dyskretna przyjmuje postać $s_{k+1} = f(s_k, e_{uc,k}, e_{c,k})$. Definicja tej funkcji podana jest w sposób uproszczony, co jest zgodne z definicją hiperautomatu uproszczonego.

Ogólny problem decyzyjny definiuje się w następujący sposób:

Problem Technologiczny 5.1 Podstawowy problem sterowania systemem technologicznym

Niech istnieje system technologiczny opisany równaniem $s_{k+1} = f(s_k, e_{uc,k}, e_{c,k})$ dla $k = 0, 1, 2, \dots, T-1$. Poszukiwana jest taka sekwencja najlepszych decyzji $\pi^* = \{e_{uc,0}^*, e_{uc,1}^*, \dots, e_{uc,T-1}^*\}$ hiperautomatu A, która prowadzi system dyskretny ze hiper stanu początkowego s_0 do hiper stanu wyróżnionego (oczekiwanego) z punktu widzenia określonego kryterium (wskaźnika).

Powyższy problem oraz definicja również jest poprawna dla hiperautomatu prostego, gdy nie uwzględniono członów wejścia i wyjścia – hiperautomatu prostego, wtedy $s_{k+1} = f(s_k, e_{uc,k}, e_{c,k})$. Sposób techniczny dokonania wyboru decyzji w danym kroku (sterowania) może opierać się wyłącznie na implementacji metody DP w przód. W przypadku modelowania złożonej struktury systemów dyskretnych na potrzeby modelowania zagadnień technologicznych inne metody wyszukiwania najkrótszej ścieżki w hipergrafie zawiodą. Podstawy wyboru wskazanej sekwencji decyzji zostały określone w Def. 5.19.

Def. 5.18 Funkcja wartościująca hiperzdarzenia (decyzje)

Dla systemu technologicznego opisany równaniem $s_{k+1} = f(s_k, e_{uc,k}, e_{c,k})$ funkcją wartościującą zdefiniowane kryteria (Def. 5.20) V nazywa się funkcję, która dla aktualnego hiperstanu 2^S i $2^{S_{in}}$ oraz potencjalnych dozwolonych sterowań $\Gamma(s_i)$ przyporządkowuje skalarną wartość oceny konsekwencji wdrażania sekwencji decyzji $e \in \Gamma(s_i)$, wtedy:

$$V: 2^{S_{in} \cup S_w \cup S_{out}} \times 2^E \rightarrow \mathbb{R}$$

Def. 5.19 Konstrukcja strategii systemu dyskretnego w oparciu o DP (wyszukiwanie najkrótszej ścieżki w hipergrafie)

Rozwiązaniem Problem Technologiczny 5.1 jest znalezienie optymalnej sekwencji decyzji $\pi^* = \{e_{uc,0}^*, e_{uc,1}^*, \dots, e_{uc,T-1}^*\}$ z punktu widzenia zdefiniowanego wskaźnika kosztu prowadzącej ze stanu początkowego do stanu wyróżnionego. Rozwiązanie problemu konstrukcji strategii stanowi ciąg optymalnych rozwiązań poszczególnych problemów szczegółowych na każdym z $1, \dots, T$ etapów. Polityka optymalna [328] stanowi wtedy ciąg decyzji optymalizujących koszt przebycia drogi od stanu początkowego do stanu wyróżnionego zgodnego z poniższym wyrażeniem:

$$\begin{cases} J_i(s_i) = v_i(s_i) \text{ dla } i = 0 \\ J_i(s_i) = \min_{u_i \in \Gamma(s_i)} E_{e_{uc,i}} \{v_i(s_i, e_{uc,i}, e_{c,i}) + J_{i-1}[f(s_i, e_{uc,i}, e_{c,i})]\} \text{ dla } i = 1, \dots, T-1 \end{cases}$$

gdzie:

$v_i(\cdot)$ – funkcja wartościująca, skalarne kryterium oceny konsekwencji sterowania / decyzji

U_i – zbiór decyzji dopuszczalnych, zgodnie z $\Gamma(s_i)$,

$E_{e_{uc,i}}$ – zakłócenie (często określane rozkładami prawdopodobieństwa lub pomijane) są zależne od aktualnego stanu s_i i funkcji $\Gamma(s_i)$ identyfikowanej dla wskazanego hiper stanu.

Podjęcie decyzji u_i w stanie s_i jednoznacznie określa stan s_{i+1} w jakim znajdzie się proces na etapie $i + 1$. Wyznaczona optymalna polityka $\pi^* = \{e_{uc,0}^*, e_{uc,1}^*, \dots, e_{uc,T-1}^*\}$ dla zdefiniowanego problemu globalnego jest w rzeczywistości poszukiwaniem rozwiązań optymalnym dla szeregu problemów cząstkowych $e_{c,i}^* = e_{c,i}(s_i)$ w kroku i . Co więcej, optymalna decyzja e_c^* w kroku i minimalizuje prawa stronę wyrażenia $J_i(s_i)$ w sposób globalny, tzn. ma na uwadze konsekwencje uprzednio podejmowanych decyzji. Jednak sam wybór zdarzenia jest niezależny od wyboru dokonanego na poprzednich etapach, tj. rozwiązuje problem bez pamięci, spełniających własność Markowa. Rozwiązanie problemu elementarnego w każdym z etapów jest częścią optymalnej sekwencji decyzji optymalnej π^* dla zagadnienia globalnego.

Przedstawiony sposób konstrukcji strategii jest również nazywany algorytmem poszukiwania najkrótszej ścieżki w przód w hipergrafie. Można zwrócić uwagę, że równanie systemu dyskretnego jest tożsame z równaniem transmitancji hiperautomatu.

Algorytm DP w przód może zawodzić w przypadku istnienia lokalnych minimów. Celem poprawy własności procesu wspomaganie podejmowania decyzji w transferze technologii, konieczne staje się implementacja metody rozszerzającej sposób wartościowania parametrów, tj. o opcje rzeczywiste (ang. *Real Options*, skrót *RO*). Interpretując praktycznie opcję rzeczywistą stanowi mierzalna wartość dodana, którą można powiązać z elastycznością podejmowanych decyzji w warunkach aktywnego i dynamicznego oddziaływania na projekt inwestycyjny (przykład poz. [332]).

Opcje rzeczywiste pozwalają przewartościować zagadnienia w sposób globalny, tzn. uwzględnić elastyczność przyszłych pozytywnych lub negatywnych uwarunkowań bezpośrednio wpływających na efekty funkcjonowania systemu. Podejście to nie odnosi się wyłącznie do kryteriów finansowych, lecz może być zastosowane do innych mierzalnych parametrów. Obszerne wyjaśnienie stosowania opcji rzeczywistych można znaleźć w Dodatku 0.1 oraz z następnym podpunkcie.

Strategia optymalna to ta strategia, która prowadzi do najkorzystniejszego rezultatu z punktu widzenia kryteriów wyznaczonych przez decydenta oraz zdefiniowanych ograniczeń. W przypadku

problemów podstawowych, strategia ma tę własność, że niezależnie od tego, jaki był stan początkowy i decyzje początkowe, pozostałe decyzje muszą tworzyć strategię optymalną ze względu na stan będący efektem tych początkowych rozstrzygnięć. W prezentowanym przypadku, optymalna polityka stanowi sekwencję sterowań hiperautomatu (hiperzdarzeń) DFEH stanowiących najkrótszą ścieżkę z wierzchołka s_0 do wierzchołka terminalnego na etapie T. Przedstawiona zasada konstrukcji optymalnej strategii wydaje się prosta i intuicyjna. Jednak pomimo tej prostoty jest efektywnym narzędziem w przypadku rozwiązywania złożonych problemów powiązanych ze sobą systemów technologicznych.

Budowa planu strategicznego opiera się na analizie aktualnej sytuacji decyzyjnej w odniesieniu do zdefiniowanych kryteriów oceny. Wskazane kryteria oceny mogą być wyznaczane niezależnie od typu podmiotu oraz zagadnienia decyzyjnego. Specyficzną cechą kryteriów definiowanych dla problemu TT jest fakt, że z reguły jedno z nich jest zawsze wyrażone monetarnie. Pozostałe zaś powinny uwzględniać: specyfikacji zagadnienia problemowego, preferencje decydentów lub inny istotny kontekst prowadzonej analizy decyzyjnej. Podjęcie decyzji stanowi zawsze wypracowanie kompromisu na podstawie fuzji różnej klasy celów szczegółowych wyznaczonych dla analizowanego podmiotu, np. jakościowe, ilościowe, pieniężne oraz niepieniężne.

5.4 Wielokryterialny wybór strategii technologicznej

W poprzednich punktach wprowadzono formalizm, który uwzględniał jedynie jedno kryterium, np. przepływów pieniężnych. Konstrukcja funkcji celu optymalizujące zagadnienie skalarne upraszcza wiele, jednak nie odzwierciedla realnych problemów decyzyjnych. Celem zapewnienia prawidłowej analizy decyzyjnej, konieczna jest implementacja modeli wielokryterialnych ([83], [84]). Budowa strategii podmiotu umożliwia w ten sposób bardziej adekwatną ocenę podejmowanych decyzji w ujęciu systemowym ([333]). Podejmowanie decyzji dla zagadnień technologicznych w oparciu o dyskretne modele sterowania optymalnego, zaprezentowano w pracach Skulimowski i Pukocz [61, 75], [62]. W cytowanych opracowaniach zaproponowano również predefiniowany zestaw kryteriów adekwatny dla procesu oceny działań wdrażania technologii informatycznych.

Rozwiązaniem problemu sterowania optymalnego systemem technologicznym stanowi optymalizacja trajektorii. Wskazane zagadnienie badawcze jest bardzo popularne. W literaturze rozważano podobną klasę problemów optymalizacji wielokryterialnej, między innymi w pracach: Carraveya i in. [334], Turnera i in. [335], Brentona i in. [336] oraz wielu innych. Problem SPMCP jest problemem NP-zupełnym, o czym szerzej wspominał Garey i Johnson [337]. Z drugiej jednak strony, Hansen [338] dowiódł istnienia rodziny rozwiązań bliskich optymalnemu korzystając z podobnych metod. Zatem analizowany problem w najgorszym wypadku będzie również posiadał rozwiązanie bliskie optymalnemu. Złożoność obliczeniowa PD jest $O(n^3)$, a pamięciowa $O(n \cdot b)$.

O wiele ciekawszym i lepiej oddającym kontekst rzeczywistej analizy technologicznej obecnej w RM od optymalizacji jednego wskaźnika stanowi analiza wielokryterialna. Optymalizacja wielokryterialna pozwala na analizę problemu technologicznego z różnych punktów widzenia (kryteriów). Analiza wielokryterialna w zastosowaniach decyzyjnych jest często eksploatowanym elementem w różnych obszarach praktycznych. W literaturze dostępnych jest wiele pozycji prezentujących implementacje tej klasy metod. Przykładowo, w kontekście można wyróżnić między innymi prace przekrojowe implementacji metod wielokryterialnych Skulimowski (2017), Ehrgotta i in. [339].

Jedną z technik rozwiązywania problemów optymalizacji wielokryterialnej stanowi skalaryzacja. Podstawy tej techniki zawarto w pracach Sawaragi i in. [340], Steuer [341]. Skalaryzacja to metoda zamiany problemu wielokryterialnego w problem parametryczny jednokryterialny. Wskazana metoda pozwala wtedy użytkować adoptować teorie i metody znane z optymalizacji jednokryterialnej. Jednym z istotnych zadań na wstępnym etapie procesu decyzyjnego jest wyznaczenie możliwie najmniej licznych podzbioru wariantów decyzyjnych, które ze względu na rozpatrywane kryteria zostały uznane za najlepsze oraz przekazane do dalszej analizy. Efektywną metodą w tym zakresie jest metoda poszukiwania zbioru Pareto (przykładowo [339]). Do rozwiązywania powyższych problemów wielokryterialnych mogą służyć również metody: bazujące na relacji

przewyższania (ang. *outranking methods*), takie jak *PROMETHEE*, *ELECTRE*, bazujące na teorii użyteczności, takie jak *UTA*, *MAUT* oraz wiele innych (poz. [83], [333], [84], [201]).

Celem wyprowadzenia dalszego wywodu konieczne jest wprowadzenie podstawowych pojęć. Definicje te zostaną zaprezentowane poniżej.

Def. 5.20 Kryteria

Jeśli dokonuje się wyboru decyzji dopuszczalnej $e := [e_1, e_2, \dots, e_N] \in E$, wówczas kieruje się szeregiem kryteriów $F = (f_1, f_2, \dots, f_N)$, wtedy $f_i := (U \rightarrow \mathbb{R})$ dla $i = 1, 2, \dots, N$. Oznacza to, że ocena decyzji określona jest przez wektor ocen $f(u) = [f_1(u), f_2(u), \dots, f_N(u)] \in U_v$, gdzie U_v stanowi zbiór ocen, z reguły $U_v := \mathbb{R}^n$.

Def. 5.21 Częściowy porządek

Porządek częściowy $\preceq$ na zbiorze decyzji dopuszczalnych U względem N kryteriów $F = (f_1, f_2, \dots, f_N)$ dla zdefiniowanego uprzednio podstawowego problemu optymalizacji doboru decyzji $a, b \in U$ definiuje się następująco:

1) $b \preceq a$ wtedy i tylko wtedy, gdy:

$$\exists i, j: f_i(b) \leq f_i(a) \vee f_j(b) < f_j(a)$$

2) $a \sim b$ wtedy i tylko wtedy, gdy:

$$\forall i=1, \dots, n: f_i(b) = f_i(a)$$

Def. 5.22 Zbiór Pareto

Niech istnieje zbiór dopuszczalnych decyzji $a, b \in U$ oraz zbiór N kryteriów $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ dla problemu optymalizacji. Decyzja a jest optymalna w sensie Pareto, jeżeli jest spełniony warunek:

$$\begin{cases} f_i(b) \leq f_i(a) \text{ dla wszystkich } i = 1, \dots, N \\ f_i(b) < f_i(a) \text{ dla co najmniej jednego } i \end{cases}$$

Wszystkie decyzje dopuszczalne spełniające wskazaną przesłankę tworzą zbiór niezdominowany. Zbiór wszystkich decyzji niezdominowanych względem wyszczególnionych kryteriów F nazywa się zbiorem Pareto optymalnym i zostanie oznaczany jako $P(U, F)$.

Decyzja jest Pareto optymalna względem kryteriów F , wtedy, gdy nie istnieje decyzja lepsza od niej pod każdym względem. Istnienie zbioru Pareto jest następstwem ustanowienia relacji częściowego porządku w zbiorze decyzji dopuszczalnych. Zbiór decyzji optymalnych w sensie Pareto nazywa się zbiorem decyzji niezdominowanych. Zbiór ten jest zawsze podzbiorem zbioru U_i dla etapu $i := 0, \dots, T-1$. Oznacza to, że w szczególności może być identyczny ze zbiorem U , a rzadko jest zbiorem jednoelementowym. W ogólnym przypadku zbiór decyzji optymalnych w sensie Pareto nie umożliwi dokonania jednoznacznego wyboru decyzji optymalnej.

Def. 5.23 Wielokryterialna konstrukcja strategii (zasada optymalności)

W Problem Technologiczny 5.1, gdzie wyszczególniono następujące kryteria oceny decyzji: $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, tj. $F: U \rightarrow U_v$. Rozwiązaniem problemu konstrukcji strategii zmierzającego do osiągnięcia zdefiniowanego stanu ustalonego systemu jest znalezienie optymalnej sekwencji decyzji $\pi^* = \{u_0^*, u_1^*, \dots, u_{T-1}^*\}$. Każdy z elementów

optymalnej sekwencji decyzji π^* stanowi rozwiązanie optymalne bieżącego problemu szczegółowego $\min_{u_i \in P(\Gamma(s_i), F)}$ dla kroków $i = 0, 1, \dots, T-1$ mając na uwadze następstwo poczynionych decyzji w poprzednich krokach oraz ich niezależność w stosunku do poprzednio podjętej decyzji (posiada własność Markowa).

Rozwiązanie optymalne sekwencji decyzji wyznacza się na podstawie optymalizacji funkcji kosztu $J^*(s_0)$ dla zdefiniowanego stanu początkowego s_0 , gdy $J(s_0)$ wyznacza się od pierwszego do $T-1$ kroku w następujący sposób:

$$\begin{cases} J_{i=0}(s_0) = v_{i=0}(s_0) \text{ dla } i = 0 \\ J_i(s_i) = \min_{u_i \in P(\Gamma(s_i), F)} E_{w_i} \{v_i(s_i, u_i, w_i) + J_{i-1}[f(s_i, u_i, w_i)]\} \text{ dla } i = 1, 2, \dots, T-1 \end{cases}$$

gdy $V: (F(U) := U_v \rightarrow \mathbb{R}^+)$ oraz wybór decyzji u_i oraz oczekiwane zakłócenie E_{w_k} na każdym kroku i jest zależny od stanu s_i i funkcji $\Gamma(s_i)$.

Otrzymana w ten sposób optymalna struktura sekwencji decyzji $\pi^* = \{u_0^*, u_1^*, \dots, u_{T-1}^*\}$ globalnie jest rozwiązaniem optymalnym każdego problemu elementarnego. Skalaryzacja zagadnienia gdy $V: (F(U) := U_v \rightarrow \mathbb{R}^+)$ odbywa się stosowanie ogólnie znanych metod.

Zgodnie z algorytmem DP optymalna polityka systemu dyskretnego określa sekwencję sterowań dla $J_0(s)$ stanowiących najkrótszą ścieżkę wielokryterialną z wierzchołka s_0 do wierzchołka terminalnego s_t . Hiperwektor dopuszczalny decyzji $u_{i,0} \in U_i$ jest rozwiązaniem efektywnym zadania wielokryterialnego na etapie i , wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje racjonalna relacja preferencji taka, że dla żadnego $a \in U_i$ nie zachodzi $F(a) \leq F(u_{i,0})$. Trywialne zadanie wielokryterialne wymaga zdefiniowania funkcji skalarnej celu $V: (F(U) := U_v \rightarrow \mathbb{R}^+)$, które wartościuje poszczególne wektory ocen. Rozwiązanie problemu decyzyjnego cząstkowego jest wtedy sprowadzane do wyznaczenia rozwiązania optymalnego zadania:

$$\begin{cases} J_{i=0}(s_0) = v_{i=0}(s_0) \text{ dla } i = 0 \\ J_i(s_i) = \min_{u_i \in P(\Gamma(s_i), F)} E_{w_i} \{v_i(s_i, u_i, w_i) + J_{i-1}[f(s_i, u_i, w_i)]\} \text{ dla } i = 1, 2, \dots, T-1 \end{cases}$$

DFHA jest modelem sieciowym sterowalnego systemu składającego się z sieci powiązanych obiektów posiadających pewną wewnętrzną logikę. Budowa strategii dla etapu n , stanowi agregat strategii elementarnych obiektów wchodzących w skład systemu w chwili t oraz uwzględnienia ograniczenia narzuconych przez model systemu. Implementując przedstawiony mechanizm jako metodę wspomagania decyzji, możliwe staje się dowolne implementowanie zaprezentowanej metody w zagadnieniach transferu technologii. Rozwiązanie problemu optymalnego sterowania każdym systemem DFHE, stanowi rozwiązanie problemu DP.

Szczegółowy przykład prezentujący zagadnienie wielokryterialne zostanie zaprezentowany w kolejnym podpunkcie.

5.5 Specyfikacja metody optymalizacji wielokryterialnej w problemach planowania strategicznego dla technologii informatycznych

Zaprezentowany model decyzyjny wsparty przez metody roadmappingu technologicznego, może stanowić skuteczne narzędzie wspomagania procesu planowania strategicznego w obszarze TT. W *Rozdziale czwartym* przedstawiono podstawowe problemy TT obecne we współczesnych organizacjach. Szerszy opis wskazanych zagadnień w ujęciu technologicznym, można znaleźć w pracach [76], [62], [61, 75]. Problemu transferu technologii AADTP, stanowi problem często eksploatowany w różnych podmiotach. Indywidualna sytuacja tych podmiotów wymaga budowy planu strategicznego dla sektorów charakteryzujących się dużą konkurencyjnością w globalnej gospodarce, zarówno na poziomie przedsiębiorstw (planowanie rozwoju produktów i ekspansji rynkowej), organizacji podmiotów między i ponadnarodowych (spójna strategia technologiczna oraz produktowa). Podobny problem budowy strategii technologicznej jest obecny w obszarze szeroko rozumianej nauki oraz instytucji naukowo-badawczych. Działania tych podmiotów są często

utożsamiane z kreowaniem polityki badawczej, pozyskiwaniem środków na projekty badawcze związane z finansowaniem nauki, w tym projekty technologiczne, budowę strategii technologicznej zbieżną z rozwojem rynku. *Przykładowo*, w modelu AADTP użyto pojęcie produktu, które stanowi pewne uproszczenie, gdyż produktem takim może być szeroko rozumiana technologia, jak i metody procesowe stanowiące przedmiot transferu (np. [83], [84]). Celem rozwiązania zasygnalizowanych w rozdziale trzecim problemów, konieczne jest dostosowanie uprzednio przedstawionej metody do rozwiązania problemów klasy AADTP ze szczególnym naciskiem na metody transferu technologii.

Większość podmiotów funkcjonujących na rynku konkurencyjnym w obszarze wysokich technologii, zainteresowana jest opracowaniem planu strategicznego rozwoju produktów i technologii stabilnych w dłuższym okresie czasu. Podobna sytuacja odnosi się do działań związanych z poszukiwaniem nisz rynkowych oraz zapewnieniem miejsca dla ustawicznie ewoluujących produktów i usług. O sukcesie rynkowym produktu, przy założeniu wcześniejszej realizacji inwestycji technologicznej, decydować będą następujące pre-kryteria [76]:

- czas t_0 wprowadzenia produktu na rynek (liczony jako kryterium względne, w odniesieniu do momentu rozpoczęcia działań wdrożeniowych lub do znanego i szacowanego czasu wprowadzenia podobnych produktów przez konkurentów),
- średni jednostkowy koszt wytworzenia produktu $c(k)$, w k -tym okresie prognozowania, $[t_k, t_k + \Delta t)$, liczony bez kosztów amortyzacji inwestycji technologicznej,
- przewidywany okres pozostawania produktu na rynku, $T - t_0$, gdzie T jest oczekiwanym terminem zakończenia produkcji,
- oszacowanie popytu $s(k)$ na produkt ze strony klientów w k -tym okresie,

$$s(k) := \sum_{i=1}^n s_i(\rho_i(k), \sigma_i(k)) \quad (5.1)$$

gdzie $\rho_i(k)$ jest ceną produktu na i -tym rynku, $\sigma_i(k)$ jest oszacowaniem wskaźnika pozycji rynkowej produktu na i -tym rynku w okresie $[t_k, t_k + \Delta t)$, zależną, między innymi od stopnia zaspokajania potrzeb klientów i obecności produktów konkurencyjnych, a sumowanie dokonywane jest na wszystkich rynkach, na których sprzedawany będzie produkt.

Oszacowanie wartości powyższych kryteriów wymaga wykonania badania rynków docelowych dla produktu, analizy konkurencji i analizy technologii aktualnie dostępnych i spodziewanych w okresie objętym planowaniem.

Ostateczna decyzja o wdrożeniu inwestycji technologicznej zależy od oceny parametrów ekonomicznych produktu w całym jego cyklu życia. Jako kryteria ostateczne bierze się tu zazwyczaj pod uwagę zdyskontowane przepływy pieniężne (ang. *Net Present Value*) związane z wdrożeniem i eksploatacją nowej technologii [342]:

$$NPV(I, t, d) := C(0) + \sum_{k=1}^t \frac{C(k)}{\prod_{1 \leq j \leq k} (1 + d_j)} \quad (5.2)$$

gdzie:

I – inwestycja technologiczna scharakteryzowana przez przepływy pieniężne $(C(0), \dots, C(t))$ w kolejnych okresach obrachunkowych, przy czym $C(0)$ jest inwestycją początkową,

t – ilość jednostek czasu od rozpoczęcia inwestycji technologicznej, aż do planowanego momentu zakończenia produkcji T ,

$d = (d_1, \dots, d_t)$ – średnie przewidywane stopy dyskontowe w kolejnych okresach obrachunkowych (warto dodać, że stosowane na ogół modele ze stałą stopą dyskontową w sytuacji dużej zmienności stóp, mogą być źródłem poważnych błędów gospodarczych).

Na przepływy gotówki $C(k)$ w okresie k składają się przychody ze sprzedaży generowanej przez inwestycję $C1(k) := N1(k) * p(k)$, pozostałe przychody z inwestycji, w tym przychody

z reinwestowania nadwyżek gotówki $C_2(k)$, koszty inwestycji $C_3(k)$, koszty stałe utrzymania produkcji $C_4(k)$, oraz zmienne koszty produkcji $C_5(k) := N_2(k) * c(k)$ zależne od jej wielkości, tj.

$$C(k) = N_1(k) * p(k) + C_2(k) - C_3(k) - C_4(k) - N_2(k) * c(k), k = 1, \dots, t. \quad (5.3)$$

Wszystkie funkcje występujące w równaniu (5.4) należy traktować, jako pewne zmienne losowe o rozkładach oszacowanych z próby oraz na podstawie badań rynku i rozmaitych heurystyk. W praktyce, wzory (5.2), (5.3) i (5.4) stosuje się do wartości oczekiwanych, a analizę stochastyczną redukuje się do analizy wariancji lub innych miar ryzyka.

Można zauważyć, że w kryteriach (1), (2) i (3) uwzględnione zostały wartości przekryteriów k_0 , $T - k_0$, $c(t)$ i $s(t)$. To ostatnie zawarte jest w prognozie sprzedaży $N_1(t)$. Kryterium (1) może być zmodyfikowane poprzez uwzględnienie opcji rzeczywistych (por. rozdział czwarty), do tak zmodyfikowanej funkcji stosowane bywa oznaczenie $ENPV(I, t, d)$, co pozwala na bardziej adekwatne modelowanie sytuacji strategicznej organizacji wdrażającej nowy produkt, czy technologię. Funkcja $s(t)$ staje się wtedy kryterium wektorowym, skalaryzowanym poprzez wycenę opcji rzeczywistych.

Programowanie dynamiczne z wykorzystaniem technik roadmappingu, jako schemat rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych.

Dalszymi kryteriami stosowanymi w procesie strategicznego planowania technologicznego są miary ryzyka inwestycji. Można tu zastosować zamiennie lub równocześnie:

- wariancję lub semiwariancję funkcji $NPV(I, t, d)$ lub $ENPV(I, t, d)$,
- prawdopodobieństwo utraty płynności organizacji podczas inwestycji, wyznaczone na podstawie analizy przepływów pieniężnych $C(k)$ (tzw. *gap analysis*),
- prawdopodobieństwo osiągnięcia celów inwestycji technologicznej, które wpływa na odchylenia NPV / $ENPV$ od wartości określonych w analizie rynku.

Ponadto, we wspomaganiu decyzji związanych z planowaniem technologicznym, komercjalizacją technologii i rozwojem produkcji uwzględnia się cele i kryteria strategiczne, takie jak: zgodność inwestycji z celami strategicznymi firmy, opanowanie nowych rynków, osiągnięcie przewagi konkurencyjnej, stopień osiągnięcia innego celu strategicznego, którym może być zdobycie klientów strategicznych itp.

Miary ryzyka oraz wszystkie rozkłady użytkowane przy wyznaczeniu pre-kryteriów oraz właściwych kryteriów, można oszacować zgodnie z powszechnie stosowanymi zasadami analizy ryzyka, por. np. prace Garvey i Pinto [343], [344] poświęcone analizie probabilistycznej kosztów.

W planowaniu technologicznym zmierzającym do optymalizacji powyższych kryteriów muszą być brane pod uwagę także ograniczenia. Podstawowym z nich jest ocena możliwości implementacji wybranej technologii w określonych ramach finansowych i czasowych oraz przy dostępności pozostałych zasobów niezbędnych do wdrożenia. Innym ograniczeniem może być możliwość stworzenia odpowiedniego systemu dystrybucji i serwisowania produktu. Konieczność wzięcia pod uwagę wielu kryteriów jednocześnie przekształca to zagadnienie w problem optymalizacji wielokryterialnej. Natomiast założenie, że w problemie planowania produkcji optymalizujemy kryteria efektywności finansowej, takie jak NPV oraz kryteria związane z ryzykiem (traktowane jako funkcje czasu końcowego T) prowadzi do sformułowania dyskretnego problemu dynamicznej optymalizacji wielokryterialnej (problem optymalizacji trajektorii z czasem dyskretnym):

$$[\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (NPV(I, t_1, \circ), \dots, NPV(I, t_2, \circ))] \rightarrow \max \quad (5.4)$$

gdzie $\Gamma(s_i)$ jest zbiorem dopuszczalnych (rozważanych) strategii technologicznych, t_1 i t_2 odpowiadają odpowiednio minimalnemu i maksymalnemu dopuszczalnemu terminowi zakończenia okresu rozliczania inwestycji. W przedstawionych problemach szczegółowych stopa dyskontowa nie jest zmienną decyzyjną, lecz zewnętrzną zmienną losową, której wartości szacowane są w procesie prognozowania. Odnosząc się do zaprezentowanego modelu hiperautomatu, to wartość NPV i każda kolejna wartość kryterium jest identyfikowana dla danego hiperstanu (wariantu strategii) i przejście do danego stanu jest konsekwencją podejmowanych decyzji – hiperkrawędzi (sterowań).

Odnosząc się do problemu optymalizacji dyskretnej zdefiniowanego w poprzednim podpunkcie, kryterium to jest przedmiotem wartościowania funkcji V . W przypadku zdefiniowania problemu wielokryterialnego, wówczas jest przedmiotem wartościowania i skalaryzacji.

Sformułowanie problemu w bardziej intuicyjny sposób wiąże kryteria z prekryteriami. Ostatecznie, problem optymalizacji wielokryterialnej związany z wyborem strategii technologicznej może być zapisany, jako:

$$\begin{aligned} [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (NPV(I, t_1, \circ), \dots, NPV(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \max \\ [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (R(I, t_1, \circ), \dots, R(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \min \\ [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (S(I, t_1, \circ), \dots, S(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \max \\ [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (G(I, t_1, \circ), \dots, G(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (5.5)$$

gdzie $\Gamma(s_i)$ jest zbiorem dopuszczalnych (rozważanych) strategii technologicznych, t_1 i t_2 odpowiadają odpowiednio minimalnemu i maksymalnemu dopuszczalnemu terminowi zakończenia okresu rozliczania inwestycji. Pozostałe kryteria to R ryzyko, S pozycja strategiczna, G realizacja celów biznesowo-rozwojowych. W przedstawionych problemach stopa dyskontowa nie jest zmienną decyzyjną, lecz zewnętrzną zmienną losową, której wartości szacowane są w procesie prognozowania. Zauważmy ponadto, że gdy $ENPV=NPV$, wówczas rozważane jest zagadnienie:

$$[\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (NPV(I, t_1, \circ), \frac{C(t_1 + 1)}{\prod_{1 \leq j \leq t_1 + 1} (1 + d_j)}, \dots, \frac{C(t_2)}{\prod_{1 \leq j \leq t_2} (1 + d_j)})] \rightarrow \max \quad (5.6)$$

To sformułowanie w bardziej intuicyjny sposób wiąże kryteria z pre-kryteriami. Ostatecznie, problem optymalizacji wielokryterialnej związany z wyborem strategii technologicznej może być zapisany, jako (por. Skulimowski i Pukocz, 2011, 2012):

$$\begin{aligned} [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (ENPV(I, t_1, \circ), \dots, ENPV(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \max \\ [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (R(I, t_1, \circ), \dots, R(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \min \\ [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (S(I, t_1, \circ), \dots, S(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \max \\ [\Gamma(s_i) \ni E \rightarrow (G(I, t_1, \circ), \dots, G(I, t_2, \circ))] &\rightarrow \max \end{aligned} \quad (5.7)$$

Określenie zarówno wartości prekryteriów, jak i zależności pomiędzy pre-kryteriami, a wartościami *cash-flow* i w konsekwencji kryterium ENPV, a także miar ryzyka $R(I, \dots)$, jak i – przede wszystkim – z reguły nie poddającym się łatwo opisowi formalnemu kryterium pozycji strategicznej S w problemie (5.6 oraz 5.7a), wymaga zbadania zależności pomiędzy technologiami, produktami, rynkami zbytu i prognozami otoczenia rynkowego, ekonomicznego i politycznego oraz opracowania i zastosowania prognoz technologicznych. Wszystkie elementy i czynniki są wzajemnie powiązane, przy czym w problemach praktycznych ilość powiązań jest bardzo duża, a ich charakter jest zwykle niejednorodny: deterministyczny, stochastyczny, rozmyty, zależny od decydenta, od innych decydentów oraz od innych powiązań.

Analiza opisanych wyżej zależności w procesie roadmappingu dokonywana jest w sposób heurystyczny, lecz systematyczny i możliwy do opisu algorytmicznego. Stosuje się zarówno metody formalnego, jak i niesformalizowanego pozyskiwania wiedzy o otoczeniu problemu (5.8), która zostaje uwzględniana przy oszacowaniach $C(k)$, R , S i reguł kompromisowego wyboru strategii technologicznej. W praktyce roadmapping wymaga ilościowej i jakościowej analizy dużej ilości zdarzeń z różnych dziedzin, które nie muszą być związane bezpośrednio z rozwojem samego produktu. Analiza powinna objąć całą sferę działalności biznesowej przedsiębiorstwa, a problemem do rozwiązania może być wybór strategii inwestycji technologicznych w sytuacji ograniczonych zasobów, przy założeniu maksymalizacji przyszłych korzyści (finansowych, wiedzy, kapitału ludzkiego).

Opcja rzeczywista pozwala na identyfikację pewnej wartości dodanej, wynikającej ze specyfiki podejmowanych działań. Wartość ta stanowi wartość dodaną elastyczności menadżerskiej pomijaną przez klasyczne metody wyceny, która w przypadku ryzykownych przedsięwzięć ma duży wpływ na ocenę decyzyjną. Miarę ENPV (ang. *Expanded Net Present Value*), która pozwala na uwzględnienie tych wszystkich wspomnianych elementów w wycenie projektów, zaproponowano w rozdziale czwartym. W rozprawie postuluje się rozszerzenie ogólnego schematu wyceny zagadnienia inwestycyjnego na potrzeby zastosowań TT opartego na zdyskontowanej wartości oczekiwania przedsięwzięcia zgodnie z poniższym wyrażeniem:

$$\begin{aligned} ENPV(I, t, d) = NPV(I, t, d) + \sum_{i=1}^n OVL_i(I, t, d) \\ + (-1) \sum_{j=1}^m OVS_j(I, t, d) + \sum_{j=1}^{n*m} OVD_j(I, t, d) \end{aligned} \quad (5.8)$$

gdzie:

$NPV(I, t, d)$ wyrażone jest wzorem 5.3,

$OVL_i(I, t, d)$ – jest wartością i -tej opcji rzeczywistej (pozycja długa),

$OVS_i(I, t, d)$ – jest wartością j -tej opcji rzeczywistej (pozycja krótka),

$OVD_j(I, t, d)$ – wartość zależności międzyopcyjnych.

Przedstawiona formuła wyznaczenia wartości ENPV jest istotną kwestią przy wykorzystywaniu metod opcji rzeczywistych do wyceny projektów jako możliwość przeszacowania projektu. Dzieje się tak jedynie przez uwzględnianie dodatnich czynników mających wpływ na projekt lub brak identyfikacji wszystkich opcji z naciskiem na opcje deprecjonujące (ujemne), posiadające własności negatywne dla projektu. Odnosząc się do opcji finansowania, można tę sytuację przedstawić jako wystawienie opcji (otrzymujemy premię opcyjną - przychód) oraz zakup opcji (płacimy premię opcyjną wystawcy - koszt).

Odnosząc się do algorytmu programowania dynamicznego założono, że wszystkie opcje zidentyfikowane zostały w otoczeniu funkcjonowania systemu technologicznego (procesu inwestycyjnego w nową technologię) i dotyczą tego samego okresu inwestowania T . We wzorze 5.9 można uwzględnić także wartości opcji: dodatkowych otrzymanych w procesie inwestycji, nieznanymi w chwili jej rozpoczęcia (dodatnie dla pozycji długiej) oraz wartości opcji wystawionych w trakcie inwestowania (zobowiązań) – wartości ujemne. Identyfikacja opcji dla konkretnego przedsięwzięcia dokonywana jest indywidualnie, podobnie jak wycena zidentyfikowanych opcji rzeczywistych oraz prognoza wystąpienia dodatkowych opcji w trakcie procesu inwestycyjnego - te ostatnie często mogą być modelowane jako tzw. opcje złożone (*compound options*). Można również wspomnieć, że dla większości opcji rzeczywistych wymaga się stosowania metod numerycznych odwołujących się do definicji kontraktu opcyjnego. Dla opcji rzeczywistych najczęściej stosowane są już wspomniane metody dwumianowe (nazywane też „binominalne”) lub modelu Blacka-Scholesa, omówione w dodatkach do rozprawy. Rozwinięcie zagadnienia wyceny opcji zawarto w Dodatku 0.1.

Przykład 5.3 Rozwiązanie problemu technologicznego AADTP z wykorzystaniem opracowanej metody

Decydent, przedsiębiorca wytwarzający systemy monitoringu wizyjnego, użytkuje metodę AADTP jako element budowy planu strategicznego. Metoda ta pozwala na ocenę sytuacji operacyjnej podmiotu zgodnie z posiadaną wiedzą o aktualnych własnościach systemu i o przyszłych trendach rozwojowych. Te ostatnie informacje mogą pochodzić z ogólnie dostępnych projektów foresightowych, por. [82]. Budowa strategii ma na celu optymalizację określonych miar ilościowych i jakościowych, np. zyskowności prowadzonego przedsięwzięcia ryzyka gospodarczego, konkurencyjności rynkowej produktów uzyskanej dzięki wprowadzanym innowacjom, itp. Dobór

miar jakościowych i ilościowych powinien pozwalać w miarę możliwości na pełną ocenę konsekwencji wdrażanych decyzji. Zmiennymi decyzyjnymi $u \in U$ są wielkości nakładów na badania własne, koszty badań zleczanych jednostkom zewnętrznym, zakup licencji, oraz wybór określonych alternatywnych technologii stosowanych w produkowanych systemach. Wszystkie te decyzje są funkcjami czasu, który w niniejszym przykładzie jest dyskretny, z krokiem równym jeden rok. Szczegółowa specyfikacja zbioru decyzji E podana jest niżej:

Tab. 5.3 Specyfikacja zbioru decyzji i kosztu przejścia.

LP	Warstwa	ID	Obiekt	Zdarzenie	NPV	VAR	S
					[mln zł]	[]	[]
1	Badania naukowe	3-1	Projekt Badawczy Mechatronika	$e_{uc,1}$	-31,86862797	78,97201679	8
2	Badania naukowe	3-2	Projekt Badawczy Mechatronika II	$e_{uc,2}$	-24,23964165	25,4422422	8
3	Badania naukowe	3-3	Projekt Badawczy Mechatronika III	$e_{uc,3}$	-28,46941729	66,8773039	8
4	Badania naukowe	5-1	Projekt Badawczy Wizja	$e_{uc,4}$	-27,14637529	49,94758772	7
5	Badania naukowe	5-2	Projekt Badawczy Wizja II	$e_{uc,5}$	-34,86844199	80,1747285	7
6	Badania naukowe	5-3	Projekt Badawczy Wizja III	$e_{uc,6}$	-26,54157842	42,81437693	7
7	Badania naukowe	1-3	Uniwersalny system monitoringu II	$e_{uc,7}$	-28,28011245	37,08062101	7
8	Licencje	7-1	Licencjonowany komp L1	$e_{uc,8}$	-31,98474422	30,77792468	8
9	Licencje	6-1	Licencjonowany komp L1	$e_{uc,9}$	-38,79134655	40,6326133	4
10	Licencje	8-1	Licencjonowany komp L2	$e_{uc,10}$	-39,18457614	47,93959612	4
11	Produkty	2-2	Przemysłowy system sensoryczny	$e_{uc,11}$	214,1521396	1623,212954	8
12	Produkty	2-1	System sensoryczny	istnieje	144,8379649	1102,060553	8
14	Produkty	1-1	Systemy monitoringu środowiska	$e_{uc,12}$	214,1577943	1426,292325	8
15	Produkty	1-2	Uniwersalny system monitoringu I	$e_{uc,13}$	59,6959309	47,76993682	8
16	Produkty	1-3	Uniwersalny system monitoringu II	$e_{uc,14}$	59,6959309	47,76993682	8
17	Produkty	2-3	Uniwersalny system sensoryczny I	$e_{uc,15}$	96,93048616	157,3204856	8
18	Produkty	2-4	Uniwersalny system sensoryczny II	$e_{uc,16}$	204,8211492	793,4298505	8

Źródło: opracowanie własne.

Planowana strategia zakłada zatem optymalizację albo pewnego wskaźnika syntetycznego lub grupy wskaźników jakości obejmujących ocenę efektywności ekonomicznej, spełnienie oczekiwań społeczno-gospodarczych, itp. W tym konkretnym przypadku postanowiono zdefiniować następujące kryteria oceny sytuacji decyzyjnej: NPV (lub NPV(E)), ryzyko (R) oraz pozycja strategiczna (S).

Ryzyko związane jest zarówno z sytuacją rynkową, jak i z zagrożeniem utraty informacji poufnych. To ostatnie rośnie w przypadku badań zleczanych jednostkom zewnętrznym.

Celem realizacji procesu decyzyjnego elementem nieodzownym jest pozyskanie wiedzy. Proces ten przeprowadzono zgodnie z wytycznymi metody roadmappingu, a jego rezultaty przedstawiono na Rys. 5.4, a finalnie Rys. 5.5. Powyższy diagram roadmappingowy zawiera zbiór wszystkich obiektów koniecznych do budowy planu strategicznego oraz specyfikację relacji pomiędzy nimi (relacje binarne, ternarne lub wyższych rzędów, identyfikowane na poziomie obiektu- automatu, systemu obiektów i automatów hierarchicznych). Definicje obiektów i wartościowaniem wielokryterialnym kosztu przejścia zawarto Tab. 5.3.

Proces wspomagania decyzji celem wypracowania zbioru strategii niezdominowanych, a następnie wyboru strategii optymalnej przebiega zgodnie z podstawami metodycznymi przedstawionymi w poprzednim podpunkcie i Algorytmem 5.1. Algorytm dostosowany do opisanej wyżej konkretnej sytuacji decyzyjnej powinien przyjmując następującą formę:

Algorytm 5.2 Konstrukcja optymalnej struktury sterowań dla systemu technologicznego złożonego z hiperautomatów

Krok 0: Zdefiniuj początkowe parametry i stany systemu:

- ustalenie horyzontu czasowego T (2014-01-01 – 2020-12-31);
- ustaw zbiór decyzji optymalnych $set^* := \{\}$;
- identyfikuj ograniczenia **res**;
- czas systemowy $t := 0$, krok jednostkowy: $= 1$ rok;
- identyfikuj zbiór hiperautomatów $\mathring{A}$ dla systemu;
- zdefiniuj stos pomocniczy komponentów aktywnych $Ac := \{\}$;
- zdefiniuj warstwę lub warstwy centralne (dla problemu AADTP warstwą centralną stanowi wyłącznie produkt);
- zdefiniuj cele i określ ograniczenia wyznaczone dla systemu TT ;
Nadrzędny celem przedsiębiorcy stanowi budowa planu strategicznego w oparciu o technologie dostępne wewnątrz podmiotu (wytworzone lub opracowane) lub pozyskane z wykorzystaniem narzędzi transferu technologii – licencjonowanie/zakup. Plan ma przewidywać możliwość konstrukcji portfela technologicznego z co najmniej jednym produktem rynkowym oraz z możliwością rozszerzenia portfela o dodatkowe elementy (zależnie od sytuacji rynkowej i ekonomicznej).
- Sprawdź kompletność już istniejących komponentów znajdujących się w $\mathring{A}$ (zgodnie z funkcją $M_{DosW/Dos0}$, sterowalność i brak blokad)
- Deaktywuj stany i zdarzenia obiektów niespełniające ograniczeń systemowych, np. nie pozwalające na uzyskanie zdolności operacyjnej produktu poziomu 2-2 do roku 2018.

Krok 1: Specyfikacja modelu wielokryterialnego

- zdefiniuj kryteria oceny $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, odpowiednio (NPV (N), ryzyko (R) oraz pozycja strategiczna (S));
- zdefiniuj globalny model funkcji preferencji $\preceq$, model preferencji oraz jego sposób definicji jest determinowany przez stosowaną metodę: przykładowo Ref Set [345] oraz zespół decyzyjny;
- Modyfikuj opis obiektów, jeśli jest to wymagane w przestrzeni kryterialnej
- zdefiniuj funkcje celu $J = 0$ oraz metrykę;

Krok 2: Identyfikuj nowe podsystemy i procesy (agregacja hiperautomatów jednostkowych, kryterium warstwa centralna) w nich występujące w chwili czasu t i opisz je równaniem dyskretnym. Dodaj te obiekty do zbioru Ac .

- Identyfikowane nowe komponenty systemu w stanie t stanowią zespół logicznie spójnych elementów tworzących powiązaną całość w kontekście warstwy centralnej oraz funkcji spójności $M_{DosW/Dos0}$. Dla przypadku prezentowanego powyżej dla $t = 1$, to hiperautomaty złożone składające się z obiektów (głównie powiązania bazujące na wiedzy oraz strukturze hiperautomatów), np.: (1)(1-1;3-1;5-1), (2)(2-2;3-1;5-1).
- Dokonaj weryfikacji spójności zgodnie z ograniczeniami **res**.
- Opisz nieznaną komponent korzystając z posiadanej lub pozyskanej wiedzy o otoczeniu (również uwzględniające identyfikowane opcje), wyznacz równanie dyskretne $s_{k+1} = f(s_k, s_k^{in}, e_{uc,k}, e_{c,k})$ dla zdefiniowanego obiektu.

Krok 3: Dla chwili czasu t identyfikuj potencjalne decyzje możliwe do wykonania dla każdego z komponentów Ac i dołącz je do zbioru potencjalnych decyzji $D(t)$.

Ze względu na obszerność przykład opisu ilościowego wybranych komponentów znajduje się w Tab 5.4. Krok $t = 1$ determinuje identyfikację ośmiu alternatyw: czterech podstawowych alternatywnych strategii pierwotnych oraz kolejnych czterech wtórnych zgodnie z metodą AADTP. Akcje dopuszczalne powinny być spójne oraz zgodne z ograniczeniami (Dodatku 0.6, Tab. 0.7).

Krok 4: Dokonaj selekcji decyzji ($P(2^{D(t)}, F)$) – zbiór niezdominowany wyszczególniono dla każdego punktu bifurkacyjnego w Dodatku 0.6, Tab. 0.7) dodając je do zbioru $set^*(t)$ zgodnie z metodą konstrukcji strategii. Dobór decyzji przeprowadź w oparciu o funkcje jakości (kosztu) $J(t)$ zgodnie z metodą DP oraz zmień finalnie J uwzględniając wskazaną funkcję.

W wyniku tej operacji poszukuje się silnie dominujących rozwiązań w zbiorze alternatywnych strategii. Finalnie zostają wyróżnione dwa komponenty dynamiczne (1) oraz (1)'. Metody wartościowania bazują na metodach skalaryzacji, która często jest implementacją metod wielokryterialnych. W prezentowanym przykładzie jest to metoda zbiorów odniesienia Ref-Set [345], która tworzy częściowy porządek w zbiorze decyzji. Pre-Kryteria oraz właściwe kryteria zadania wielokryterialnego zdefiniowano w kroku 0 lub wynikają bezpośrednio z wiedzy pozyskanej w kroku t. W kroku 1 wybrano dwie semi-strategie efektywne (1) oraz (1)' z uwagi na silną dominację wskazanych rozwiązań. Wybrane podzbiory decyzji są implementowane dla poszczególnych elementów składowych Ac .

Strategia stanowi trajektorie zachowania zdefiniowanych obiektów, a w przedstawionym przypadku dla $t=1$ przewiduje (1) uruchomienie projektów badań 3-1, 5-1 (zgodnie z Tab. 5.4) celem wprowadzenia produktu na rynek produktu 2-2, a strategia (1)' definiuje oprócz wskazanych badań wprowadzenie na rynek również produktu 1-1 jako wyłoniony w procesie decyzyjnym. W kolejnych krokach będą aktywowane podsystemy zgodnie Rys. 5.5.: (2){2-3,4-2,5-2}(2') {1-2, 4-2,5-2}. Pełny zbiór rozwiązań cząstkowych w każdym z punktów bifurkacyjnych zawarto w Dodatku 0.6, Tab. 0.7.

Krok 5: Dla wszystkich elementów Ac wyznacz stan kolejny zgodnie z równaniem dyskretnym $s_{k+1} = f(s_k, s_k^{in}, e_{uc,k}, e_{c,k})$.

Dla każdego z podsystemów znajdujących się w Ac , następuje aplikacja decyzji, w tym przypadku: 3-1, 5-1 dla obiektów (1), (1').

Krok 6: Sprawdź zbiór Ac czy każdy jego komponent jest dalej aktywny, tzn. czy nie znajduje się w stanie wyróżnionym. Jeśli natomiast znajduje się w tym stanie, wówczas usuń go z tego zbioru.

Zgodnie z przykładem w tym kroku nie nastąpi wykluczenie żadnego z obiektów. W kolejnych krokach nastąpią takie zdarzenia, gdy obiekty systemu dyskretnego znajdą się w stanie wyróżnionym.

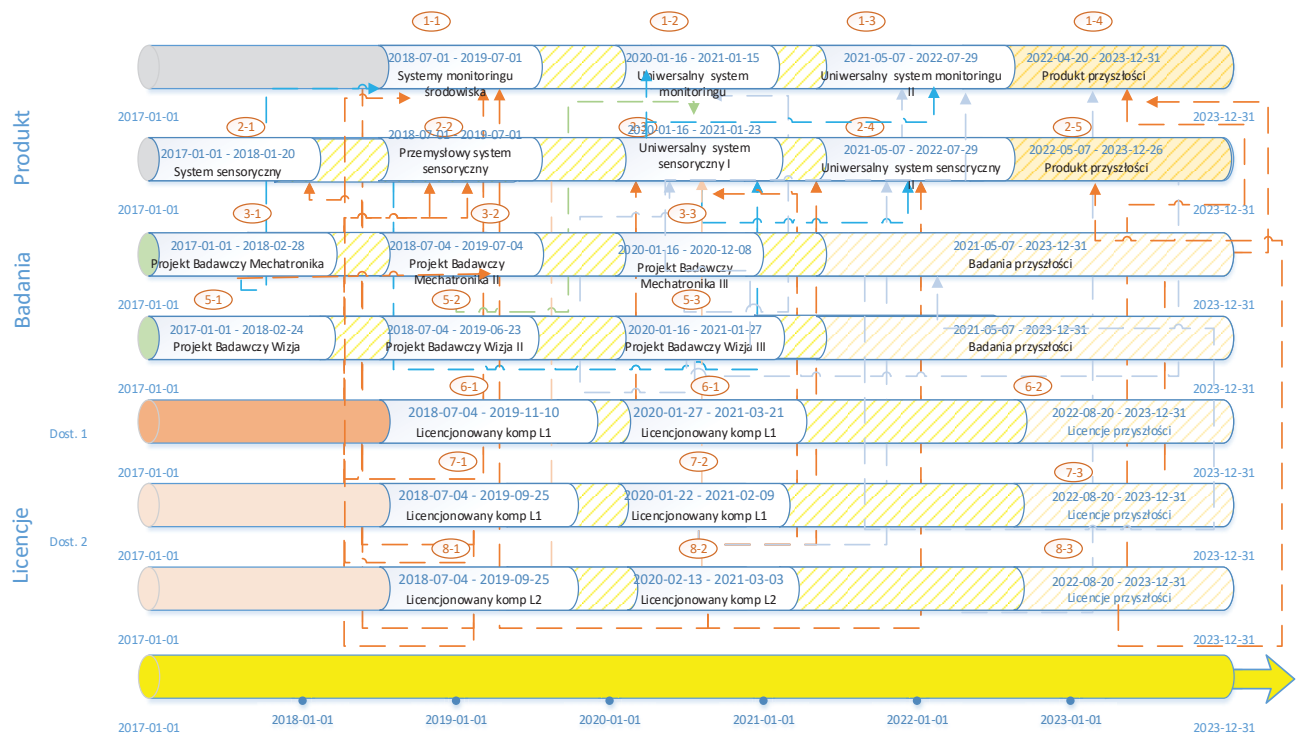
Krok 7: Sprawdź czy indeks t dotarł do horyzontu czasowego T , jeśli tak, przerwij wykonanie algorytmu, a w przeciwnym przypadku wróć do Kroku 2.

W kolejnych krokach ponownie następuje identyfikacja punktów bifurkacji, gdzie poszukiwane są potencjalne najlepsze strategie cząstkowe na podstawie posiadanej wiedzy w chwili t przy zdefiniowanych ograniczeniach.

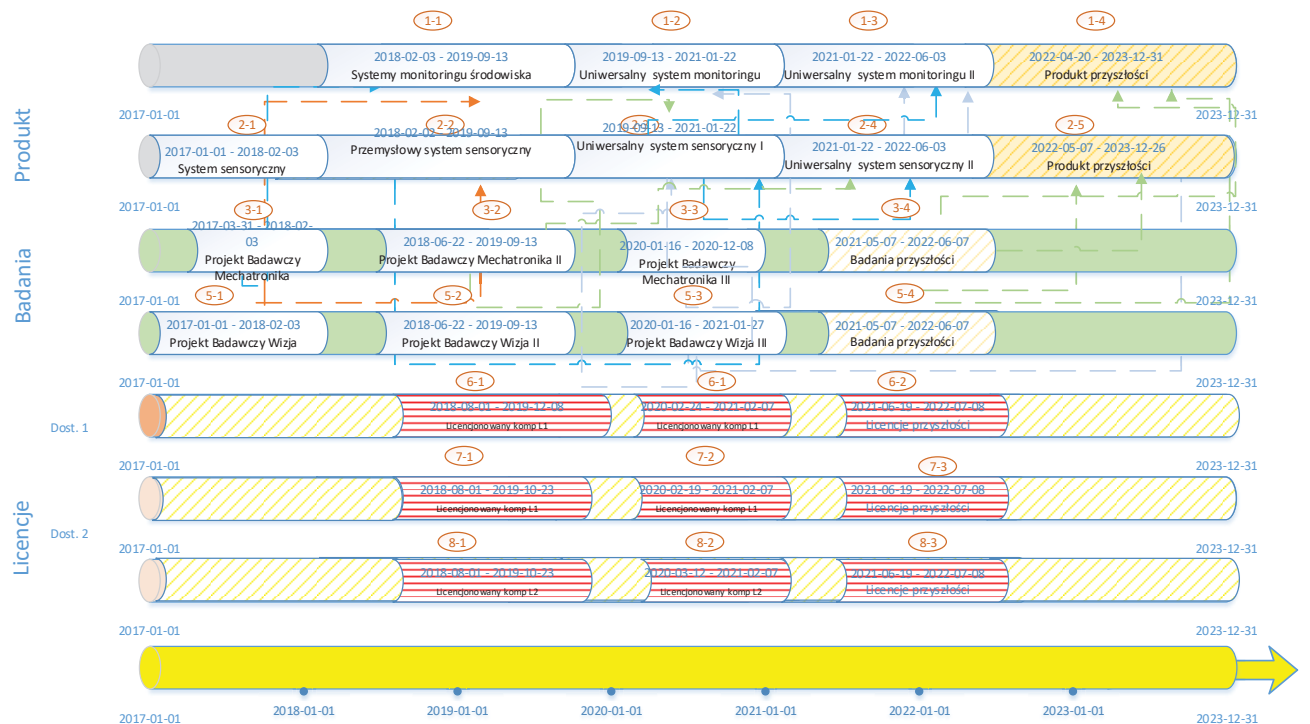
Rezultat metody: wyświetl zbiór set^* oraz utwórz diagram roadmappingowy (wdrożeńiowy) ■

Poprawność Alg. 5.2 wynika z poprawności Alg. 5.1, do którego się on odwołuje.

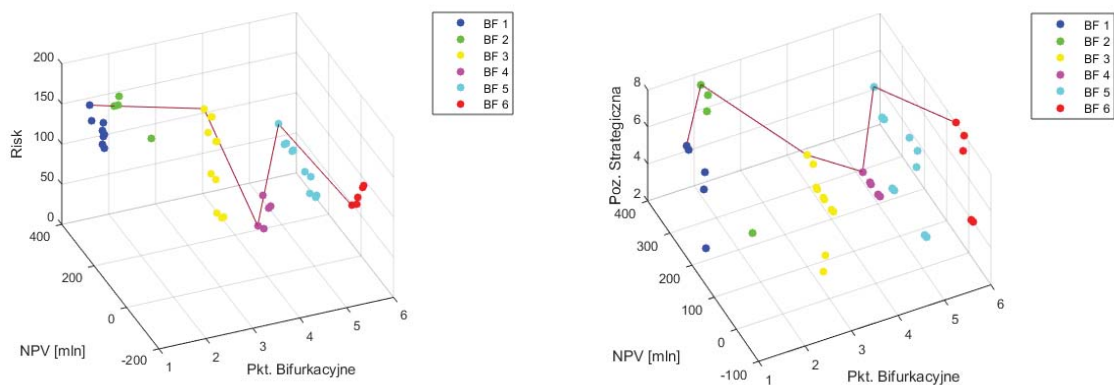
Wynik metody stanowi plan strategiczny wraz z elementami planu operacyjnego. Wizualizację tych efektów zawarto na diagramie roadmappingowym na Rys. 5.5.



Rys. 5.4 Przykład diagramu bazowego RM dla systemów wizyjnych.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5.5 Rezultat funkcjonowania algorytmu dla systemów wizyjnych.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5.6 Wartości kryteriów dla wszystkich identyfikowanych strategii (w tym niezdominowanych, punkty na krzywej).

Źródło: Opracowanie własne.

Kompromisową strategię buduje się przez symulację i analizę SZD powstałego w fazie modelowania zagadnienia problemowego (rozwiązanie problemów decyzyjnych na każdym z kolejnych etapów, Rozdział piąty). Połączenie rozwiązań cząstkowych w jedną spójną strategię zgodnie z metodyką programowania dynamicznego stanowi rozwiązanie problemu optymalizacji dla przedstawianego problemu wdrażania transferu technologii – inaczej poszukiwanie najkrótszej ścieżki wielokryterialnej (metoda DP) zgodnie z Rys. 5.6. Odwołując się do powyższego rysunku, rozwiązaniem problemu stanowi sekwencja zagregowanych sekwencji cząstkowych (wg Dodatku 0.6, Tab. 0.7): 1 (id.:1,4,11), 9 (1,4,14), 13 (2,5,17), 24 (2,5,15), 29 (3,6,18), 39 (3,6,16) zgodnie z Tab. 5.4. ■

Tab. 5.4 Wartości kryteriów opisujące strategię kompromisową wdrażającą metody transferu technologii.

ID	Warstwa	Identyfikator	Nazwa	Data start/ T	NPV	ENPV	Var	S
				[r/m/d]	[mln zł]	[mln zł]	[-]	[-]
1	Badania naukowe	3-1,	Projekt Badawczy Mechatronika	2017-03-31	-	-	78,97201679	8
4	Badania naukowe	5-1,	Projekt Badawczy Wizja	2016-12-31	-	-	49,94758772	7
11	Produkty	2-2,	Przemysłowy system sensoryczny	2018-03-02	214,1521396	284,1498749	162,3212954	8
14	Produkty	1-1,	Systemy monitoringu środowiska	2018-03-03	214,1577943	369,2949306	142,6292325	8
2	Badania naukowe	3-2,	Projekt Badawczy Mechatronika II	2018-06-22	24,23964165	-	25,4422422	8
5	Badania naukowe	5-2,	Projekt Badawczy Wizja II	2018-06-22	34,86844199	-	80,1747285	7
17	Produkty	2-3,	Uniwersalny system sensoryczny I	2019-09-13	96,93048616	64,22510827	157,3204856	8
15	Produkty	1-2,	Uniwersalny system monitoringu I	2019-09-13	59,6959309	59,6959309	47,76993682	7
3	Badania naukowe	3-3,	Projekt Badawczy Mechatronika III	2019-11-09	28,46941729	-	66,8773039	8
6	Badania naukowe	5-3,	Projekt Badawczy Wizja III	2019-12-12	26,54157842	-	42,81437693	7
18	Produkty	2-4,	Uniwersalny system sensoryczny II	2021-01-22	204,8211492	274,5939786	79,34298505	8
16	Produkty	1-3,	Uniwersalny system monitoringu II	2021-01-22	59,6959309	59,6959309	47,76993682	8

Źródło: Opracowanie własne.

5.6 Podsumowanie

Na wstępie rozdziału przedstawiono podstawy metodyczne rozwiązania problemów transferu technologii metodą roadmappingu technologicznego. Zaproponowano sposób modelowania i analizy procesów transferu technologii z wykorzystaniem systemów zdarzeń dyskretnych. W przedstawionym zastosowaniu, SZD stanowią intuicyjne narzędzie budowy modeli systemów technologicznych ukierunkowanych na użytkowanie metod transferu technologii. Dodatkowo opracowany sposób modelowania systemów technologicznych jest koherentny z zapisem w systemach baz wiedzy (moduł zarządzania wiedzą, Rozdział 4).

Opracowane w rozdziale metody analityczne pozwalają na efektywne wsparcie procesu wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych. Zastosowane metody zostały zaimplementowane w warstwie analitycznej (moduł analityczny) systemu informatycznego opisanego w rozdziale czwartym.

Rozdział 6

WERYFIKACJA MODELU DECYZYJNEGO ORAZ IMPLEMENTACJA SYSTEMU

Rozdział zawiera rezultaty prac mające na celu weryfikację oraz praktyczną ocenę zdefiniowanych w rozprawie koncepcji systemu wspomagania decyzji transferu technologii informatycznych z wykorzystaniem metody roadmappingu technologicznego. Proponowane rozwiązania procesowe i architektoniczne składające się na cały system, zostały zaimplementowane w formie spójnego środowiska planowania strategicznego.

Ewaluacja rozwiązania wymagała zaproponowania metodologii przeprowadzenia testów, zdefiniowania kryteriów ich oceny oraz określenia zakresu kompetencyjnego implementacji środowiska testowego dla wybranych kilku problemów praktycznych. Prawidłowe zdefiniowanie scenariuszy testów zgodnie z powyższymi wytycznymi w sposób obszerny pozwoliło na wykonanie praktycznej weryfikacji oraz oceny rozwijanego systemu.

Proces ewaluacji proponowanego rozwiązania przewidywał wszechstronne przeprowadzenie testów systemu poprzez stopniowe badanie najważniejszych jego elementów. Finalnie dokonano podziału fazy weryfikacji systemu na dwa zasadnicze warianty elementarne. Rozdzielono scenariusze badań na dwa zasadnicze nurty: badanie systemu informacyjnego w podstawowej konfiguracji oraz zintegrowanego systemu hybrydowego wkomponowanego w system informacyjny. Powyższe dwa zadania wymagały każdorazowo przeprowadzenia między innymi zadań: pozyskania informacji, budowy zespołów eksperckich, przeprowadzenia modelowania zagadnienia problemowego zgodnie ze zdefiniowanymi algorytmami RM dedykowanych zagadnieniom TT. Wynikowo otrzymuje się plan strategiczny wraz z operacyjnym oraz wytyczne do nich.

Rozdział finalnie podsumowuje wnioski płynące z przeprowadzonych badań w odniesieniu do tezy obecnej w rozprawie.

6.1 Metodologia weryfikacji systemu i plan testów

Weryfikacja poprawności metody wymaga przetestowania kolejno różnych elementów składowych proponowanego rozwiązania. Wymagane w tym względzie jest wykonanie testów implementacyjnych, a następnie porównawczych z innymi koncepcjami architektonicznymi dla kilku wybranych zagadnień praktycznych.

Implementacja systemu dla jednego ze zdefiniowanych problemów szczegółowych pozwalała na kompetencyjne sprawdzenie sposobu implementacji metody RM typu AADTP oraz jej własności dedykowanej zagadnieniom transferu technologii (sprawdzenie HS_I, *Rozdział trzeci*). Zakończona sukcesem implementacja systemu zgodnie z wytycznymi znajdującymi się w poprzednich rozdziałach, stanowi podstawę weryfikacji tezy rozprawy. Kontrolę własności proponowanego rozwiązania należy przeprowadzić na kilku płaszczyznach jednocześnie: doboru metod organizacji procesu decyzyjnego, własności zaproponowanego modelu architektonicznego systemu oraz implementacji algorytmów wspomagania decyzji zbieżnie z wyspecyfikowanymi hipotezami szczegółowymi (*Rozdział trzeci*). Z kolei, badanie systemu informatycznego i komplementarnych metod analitycznych skupiało się głównie na sprawdzeniu efektywności całego rozwiązania oraz zakresu wsparcia decydenta w całym procesie decyzyjnym (implementacja na podstawie *Rozdziału czwartego*).

Metoda weryfikacji adekwatności stosowanych metod informacyjnych dla zagadnień transferu technologii będzie przeprowadzona przez badanie cech użytkowych wskazanej metody decyzyjnej

opartej o RM, opisanej szerzej w *Rozdziale pierwszym* w *Rozdziale drugim*. Audytowi poddane zostaną też inne elementy systemu decyzyjnego wpływające na ogólnie rozumiany proces decyzyjny (powiązane z HSII-HSIV). Sposób weryfikacji skuteczności zaproponowanych rozwiązań zakłada wybór kilku scenariuszy realizacji problemów praktycznych związanych z transferem technologii informatycznych, które będą rozwiązane przez użytkowanie kilku konkurencyjnych metod. Właściwość rozwiązań zostanie potwierdzona poprzez porównanie otrzymanego rezultatu z rozwiązaniem tego samego problemu przez konkurencyjne metody decyzyjne. Dodatkowo wykazane zostaną własności otrzymanych alternatywnych wariantów planu strategicznego oraz ich analiza porównawcza. Wspomniana powyżej bezpośrednia metoda weryfikacji przyjętych rozwiązań jest możliwa do przeprowadzenia jedynie w przypadku małej oraz średniej wielkości zagadnień problemowych. Przedstawiony problem wynika głównie z dużych nakładów jakie należy ponieść w przypadku analizy sytuacyjnej transferu technologii (głównie dostęp do zasobów informacyjnych, w tym ekspertów). Stosując metodę indukcji oraz rozumowania indukcyjnego można wnioskować, że jeśli metoda jest skuteczna dla wskazanej gamy problemów, to można dokonać ekstrapolacji jej własności na rezultaty pozostałej klasy zagadnień problemowych. Wykonanie kilku eksperymentów pozwoli na obserwację własności wszystkich rozwiązań, a w efekcie poprzez zastosowanie indukcji enumeracyjnej oraz eliminacyjnej pozwala wykazać zasadność stosowania opracowanej metodologii.

Celem przejrzystego przeprowadzania badań własności opracowanej metody wspomagania decyzji posłużono się trzema alternatywnymi profilami metod. Dwie podstawowe metody porównawcze to: klasyczne zastosowanie metody TRM (w minimalnym stopniu użytkujących systemy informatyczne) oraz zastosowanie metody eksperckiej w połączeniu z metodą programowania sieciowego – wzorzec model-base SWD ([346]) zaimplementowane w jednym z dostępnych pakietów oprogramowania decyzyjnego dostępnego na rynku (zwanej dalej metodą benchmarkingową). Trzeci profil stanowi opracowana w rozprawie metoda. Wyróżniono następujące kryteria: rezultat stosowania metody, zbieżność rezultatu z kryteriami decydenta, czas opracowania oraz stopień współdzielenia wiedzy.

Badania zostały podzielone na dwa zasadnicze scenariusze testowe związane z dwoma szczegółowymi problemami transferu technologii dla technologii informatycznych: producent rozwiązań mobilnych (problem praktyczny I, skrót PP_I) oraz dostawca rozwiązań Big Data (problem praktyczny II, skrót PP_II). Każde ze wskazanych scenariuszy testowych w inny sposób przedstawia definicję zakresu oraz sposób użytkowania systemu decyzyjnego. Badanie pierwsze (PP_I) będzie przeprowadzone w oparciu o ogólny model systemu informacyjnego dla zdefiniowanego zagadnienia problemowego dotyczącego producenta rozwiązań mobilnych (HS_I). Motywacją do zajęcia się tym problemem badawczym była konieczność opracowania modelowego procesu wspomagania decyzji dla producentów elektroniki na wniosek podmiotów zainteresowanych programem: „Wsparcie dla przedsiębiorstw w latach 2014-2020” (celów tematycznych CT1-CT4, CT6) oraz „Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020”. Implementacja zadania problemowego we wskazanym zakresie pozwoliła na weryfikację podstawowych własności metodologii. Głównym celem było dokonanie jedynie weryfikacji zdefiniowanej struktury organizacyjnej procesu decyzyjnego pozwalającej decydentowi na przetwarzanie wiedzy z wykorzystaniem wypracowanych procedur RM AADTP (HS_I) oraz sprawdzenie modeli decyzyjnych (HS_IV). System informacyjny należy postrzegać w konwencji użytkowanej jako: zespół środków, zasobów, metod (w tym także zasobów ludzkich), zapewniający sprawną realizację procesu decyzyjnego. Postulowaną metodę organizacji procesu informacyjnego spełnia metoda roadmappingu AADTP, którą zdefiniowano w *Rozdziale czwartym*. W tym zakresie badanie będzie prowadzone przez implementację oraz użytkowanie systemu informacyjnego w sposób klasyczny, zgodnie z wytycznymi znajdującymi się w rozdziałach 1-4 oraz 6. Wskazana procedura oznacza zdefiniowane przepływy informacyjnych, określenie źródeł informacji oraz obiektów wytwarzających te informacje zgodnie z wprowadzonymi algorytmami oraz procedurami. Obliczeń dokonano głównie dzięki skorzystaniu z arkusza kalkulacyjnego, pakietu Matlab wraz z wizualizacją rezultatów prac za pomocą pakietu Ms Visio. Badanie to pozwoliło na sprawdzenie poprawności implementacji metody wsparcia procesu decyzyjnego (skontrolowanie formalnego funkcjonowania modelu informacyjnego) oraz określenia

własności algorytmów wspomagających konstrukcję strategii (oddzielne badanie własności algorytmów wspomagania decyzji).

Drugi scenariusz (PP_II) przewiduje porównanie trzech profili metod wymienionych powyżej dla zdefiniowanego problemu praktycznego, gdzie w przypadku jednego profilu będzie użytkowane kompleksowe środowiska informatycznego dedykowanego wspomaganie decyzji w TT (opracowana metodologia i architektura systemu informatycznego). Implementację środowiska decyzyjnego przeprowadzono zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w rozdziałach od trzeciego do piątego (weryfikacja HS_I – HS_V). Kluczową dziedzinę implementacji tej klasy systemów stanowi problem budowy strategii producenta rozwiązań typu Big Data na najbliższe dziesięć lat. Przedsiębiorca ten czynił starania związane z zaangażowaniem się w projekt Call FP7-ICT-2013-10 Objective ICT-2013.4.2 Scalable data analytics w punkcie a) oraz c). Celem bezpośrednim tego badania była weryfikacja zasadności użytkowania proponowanego rozwiązania wspomaganie decyzji dla różnych zastosowań praktycznych. Test miał przede wszystkim sprawdzić właściwości procesowe implementowanych rozwiązań (HS_II - HS_V), a także zweryfikować poprawność wykonania zaproponowanej architektury systemu.

W tym scenariuszu do celów testowych przeprowadzono pełną implementację wypracowanych procedur budowy strategii i planu operacyjnego podmiotu gospodarczego, zmierzającego do aktywnego użytkowania metod transferu technologii. Podczas weryfikacji użytkowano metody organizacyjne wsparcia procesu planistycznego zgodnie z wyznacznikami określonymi w rozprawie (*Rozdział pierwszy, Rozdział drugi oraz Rozdział czwarty*). Opracowane procedury budowy strategii wymuszają fuzję różnych technik budowy wizji rozwoju podmiotu oraz jego otoczenia, w oparciu o różne mechanizmy modelowania przyszłości oraz teraźniejszości. Rezultaty prac zespołów eksperckich wspomagających wskazany proces modelowania oraz analizy są poddane ciągłej integracji. Wsparcie tego mechanizmu interakcyjnego przez system informatyczny wypracowując efektywną strategię funkcjonowania podmiotu. Wynikowo, strategia może być reprezentowana przez diagram roadmappingowy lub harmonogram zalecanych akcji wraz z planem ich implementacji. Finalnie na tym etapie zostają przetestowane różne warianty metod wspomaganie zmierzającego do wyboru strategii operacyjnej funkcjonowania podmiotu (również na polu transferu technologii), zgodnie ze zdefiniowanymi kryteriami jakościowymi oraz ilościowymi.

W opinii autora, sugerowana powyżej metodologia stopniowania testów poszczególnych składowych systemu zapewnia właściwy sposób kompleksowego badania zaproponowanej metodologii budowy systemu wspomaganie decyzji w zagadnieniach transferu technologii. Testowanie pozwoliło na określenie szczegółowych własności każdego z elementów systemu w stosunku do postawionej tezy na łamach tej rozprawy.

6.2 Konfiguracje testowe

Podrozdział stanowi zbiór informacji na temat wykorzystywanej infrastruktury sprzętowej oraz programowej używanej podczas testów ewaluacyjnych projektowanego środowiska SWD. Dodatkowo zamieszczono diagramy architektury fizycznej i logicznej użytkowanej do wykonywania wszystkich zdefiniowanych scenariuszy testowych.

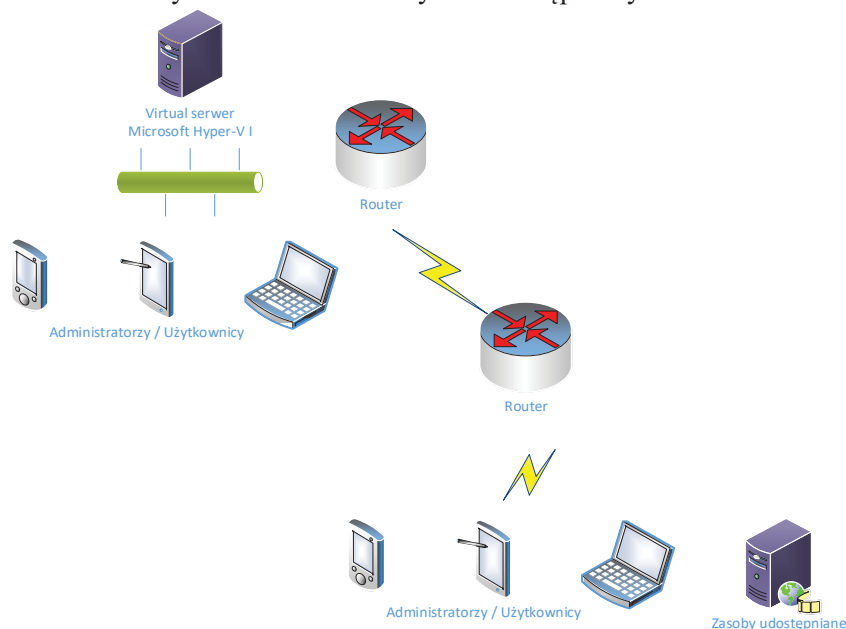
Infrastruktura sprzętowa

Architekturę systemu wspomaganie decyzji zaimplementowano na dedykowanej infrastrukturze sprzętowej składającej się z dwóch serwerów wirtualizujących w technologii Microsoft Hiper-V udostępnionej w infrastrukturze sieciowej AGH. Klienci systemu posiadali zdalny dostęp do poszczególnych aplikacji przez użytkowanie własnych lub wypożyczonych urządzeń takich jak: komputery stacjonarne i laptopy, tablety i smartfony. Pierwszy scenariusz testowy zakładał przetestowanie implementacji wdrożenia metody roadmappingu oraz zastosowanie dedykowanych algorytmów wspomaganie decyzji. Drugi scenariusz testowy zakładał implementację pełnej architektury systemu wspomaganie decyzji i jego funkcjonalności w oparciu o posiadane zasoby informatyczne. Celem uzyskania elastyczności testowej rozwiązania, autor postanowił zbudować infrastrukturę ewaluacyjną w oparciu o wirtualizowane środowisko. W ocenie autora, implementacja

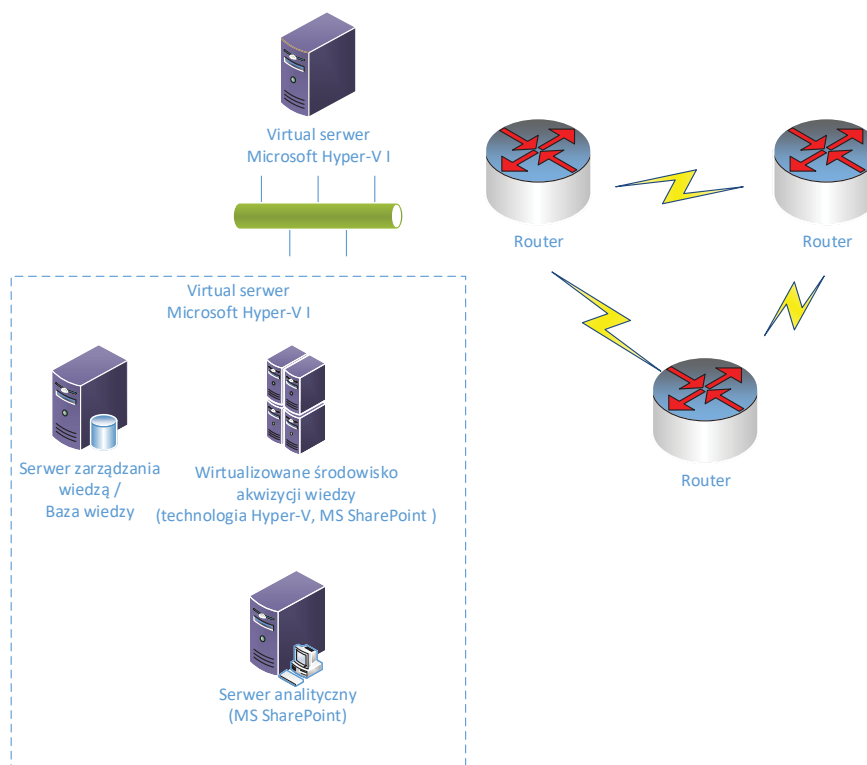
architektury SWD o wskazaną koncepcję wirtualizacji pozwala na elastyczne testowanie każdego aspektu funkcjonalnego proponowanego rozwiązania. Diagram prezentujący architekturę sieciową i logiczną zaprezentowano na:

- scenariusz testowy I, PP_1, Rys. 6.1, Rys. 6.2
- scenariusz testowy II, PP_2, Rys. 6.3, Rys. 6.4

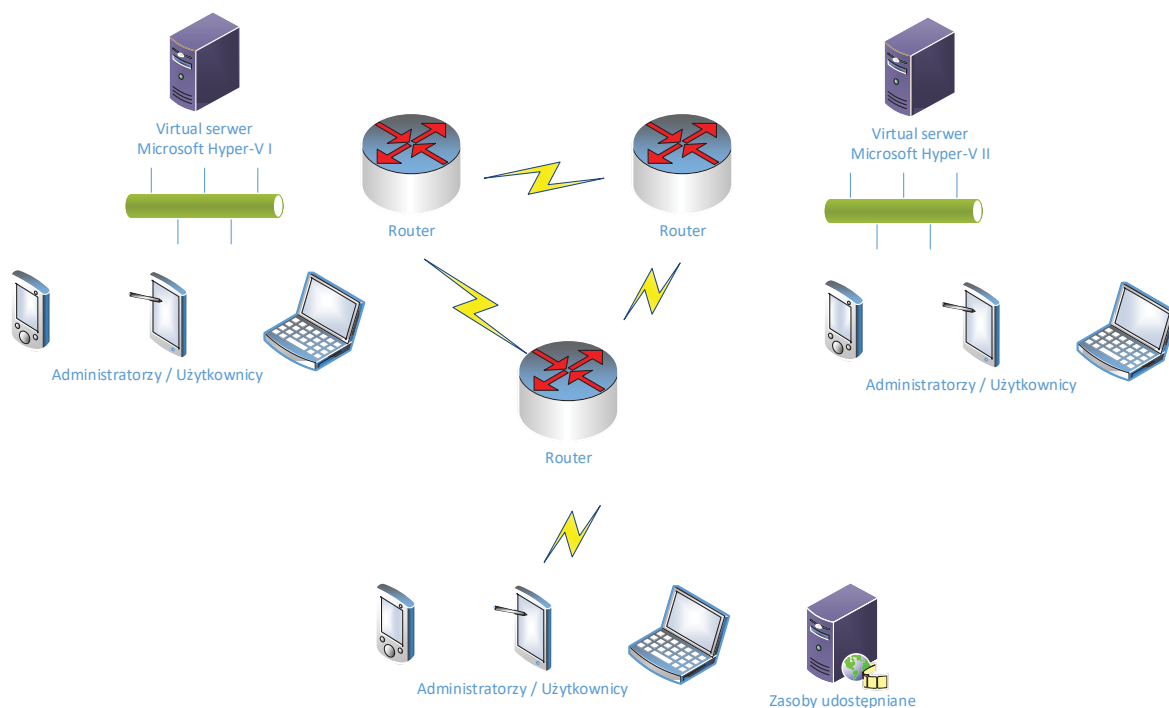
Konfigurację sprzętową dla poszczególnych serwerów wirtualizujących przedstawiono w Tab. 6.1 oraz Tab. 6.2. Konfiguracja pozostałych elementów infrastruktury typu: komputer dostępowy, tablet, smartfon była zależna od użytkowników końcowych i udostępnionych im zasobów.



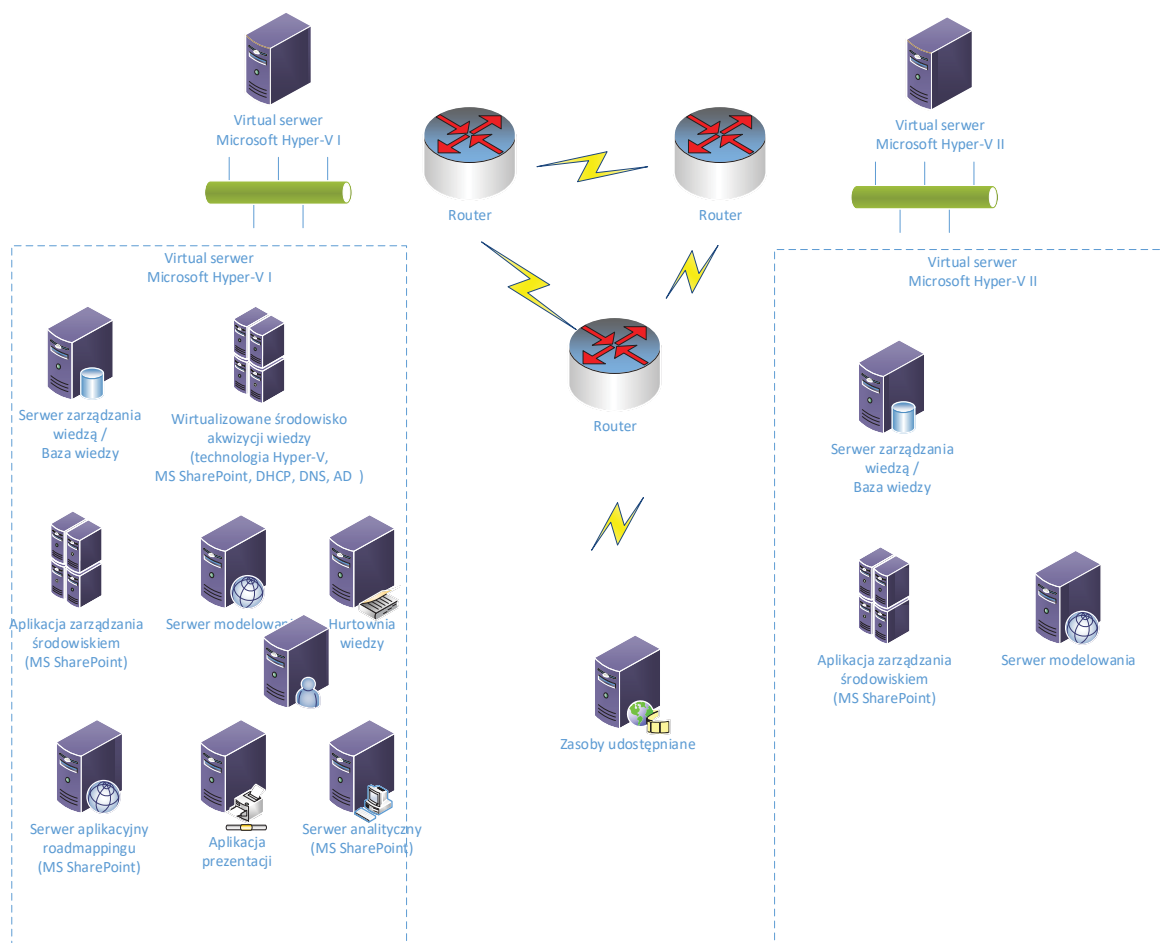
Rys. 6.1 Topologia sieciowa dla scenariusza testowego PP_1.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.2 Topologia logiczna zasobów witalizowanych i fizycznych dla scenariusza testowego PP_1.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.3 Topologia sieciowa dla scenariusza testowego PP_2.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.4 Topologia logiczna zasobów wirtualizowanych i fizycznych dla scenariusza testowego PP_2.
Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 6.1 Konfiguracja sprzętowa Virtual Server Microsoft Hiper-V I.

Specyfikacja	Opis
Procesor	Intel® Core™ i7-6700 (3.4 GHz, 4.0 GHz Turbo, 8 MB Cache), 4 rdzenie, 8 wątków
Płyta główna, chipset	Intel H110 (Asus H110M-K) Express Chipset
Pamięć operacyjna	2 x 16 GB (SO-DIMM DDR4, 2400/2133 MHz)
Dysk twardy	SSD Kingstone 512 GB, WD 4 TB
Interfejs sieciowy	LAN 10/100/1000 Mbps Wi-Fi 802.11 b/g/n

Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 6.2 Konfiguracja sprzętowa Virtual Server Microsoft Hiper-V II.

Specyfikacja	Opis
Procesor	Intel® Core™ i7-3612QM Processor (6M Cache, do 3.10 GHz), 4 rdzenie, 8 wątków
Płyta główna, chipset	Intel HM76 Express Chipset
Pamięć operacyjna	2 x 8 GB (SO-DIMM DDR3, 1600 MHz)
Dysk twardy	SSD Kingstone 256 GB, WD 1 TB
Interfejs sieciowy	LAN 10/100 Mbps Wi-Fi 802.11 b/g/n

Źródło: Opracowanie własne.

Infrastruktura programowa

Implementacja infrastruktury użytkowanej do realizacji scenariuszy testowych oparto o rozwiązania Microsoft Hiper-V Server 2012 R2. Wybór technologii nie był przypadkowy, lecz został dokonany po dogłębnej analizie oprogramowania na rynku. Wybrane rozwiązanie jest jednym z najlepszych wariantów w niezależnych testach platform wirtualizacyjnych [347], takich jak Xen, VmWare, KVM. Pozostałe elementy infrastruktury wirtualizowanej implementowano w oparciu o rozwiązania korporacyjne wraz z własną implementacją zdefiniowanych komponentów SWD (zgodnie z zaproponowanym projektem – Rozdział 3-5). Właściwa infrastruktura systemów serwerowych została oparta o rozwiązania Microsoft Windows 2003 DataCenter. Zastosowane starszej wersji oprogramowania pozwoliło na podniesienie wydajności wirtualizowanej architektury i przetestowanie wszystkich funkcjonalności zgodnie ze specyfikacją zawartą w poprzednich rozdziałach rozprawy. Zasadniczą zaletą rozwiązań typu Enterprise jest: dobra skalowalność, dostęp do szerokiej gamy narzędzi zarządzania infrastrukturą, stabilność oraz niskie koszty nadzoru nad infrastrukturą. Dodatkowym plusem przemawiającym za tego typu wyborem stanowi dostęp do bogatej dokumentacji wdrożeniowej i eksploatacyjnej. Dobór właściwego oprogramowania aplikacyjnego dokonano na podstawie dogłębnej analizy trendów użytkowych i dostarczanych funkcjonalności przez produkty dostępne na rynku, np. serwery baz danych [348], bazy RDF[349], serwery aplikacyjne [350]. Wszystkie wybrane i zaimplementowane rozwiązania były wśród czołówki niezależnych rankingów. Konfigurację środowiska programowego głównych elementów infrastruktury testowej zawarto w Tab. 6.3.

Tab. 6.3 Konfiguracja programowa komponentów system wspomagania decyzji zainstalowanych w testowanych architekturach.

Obiekt	Specyfikacja komponentów	Opis
Virtual Server Microsoft Hiper-V I		
Warstwa roadmappingu	System operacyjny Aplikacja wykonawcza i środowisko uruchomieniowe	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007 Microsoft Visual Studio 2010
Warstwa środowiska	System operacyjny Aplikacja wykonawcza i środowisko uruchomieniowe	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007 Microsoft Visual Studio 2010
Warstwa akwizycji	System operacyjny Aplikacja wykonawcza Dedykowane środowisko wykonawcze (wirtualne)	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007 Microsoft Visual Studio 2010 Oracle VirtualBox 5 Matlab 2011a
Warstwa zarządzania wiedzą	System operacyjny Aplikacja wykonawcza Baza wiedzy Hurtownia wiedzy	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Baza RDF Jena 1.6.0
Warstwa modelowania	System operacyjny Aplikacja wykonawcza	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007 Matlab 2011a
Warstwa analityczna	System operacyjny Aplikacja wykonawcza	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007 Matlab 2011a
Warstwa prezentacji	System operacyjny Aplikacja wykonawcza	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007
Virtual Server Microsoft Hiper-V II		
Warstwa środowiska	System operacyjny Aplikacja wykonawcza i środowisko uruchomieniowe	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007 Microsoft Visual Studio 2010
Warstwa roadmappingu	System operacyjny Aplikacja wykonawcza i środowisko uruchomieniowe	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008
Warstwa zarządzania wiedzą	System operacyjny Aplikacja wykonawcza Baza wiedzy Hurtownia wiedzy	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Baza RDF Jena 1.6.0
Warstwa modelowania	System operacyjny Aplikacja wykonawcza	Microsoft Windows 2003 DataCenter Microsoft SharePoint 2007 Microsoft SQL Server 2008 Microsoft Sharepoint Designer 2007

Źródło: Opracowanie własne.

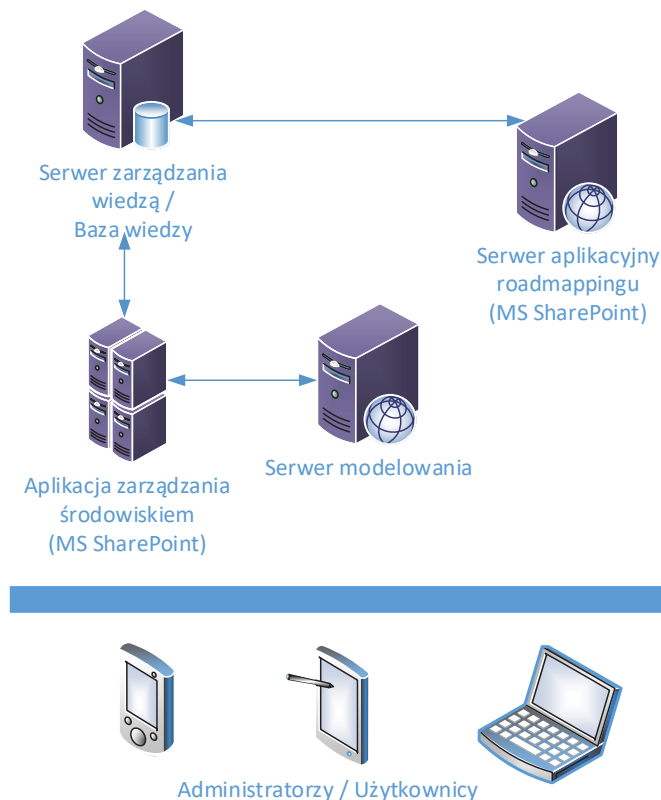
6.3 Scenariusz testowy I- Problem NPD-MP dla technologii mobilnych

Celem nadrzędnym pierwszego scenariusza testowego PP_I jest weryfikacja zaproponowanego systemu informacyjnego opartego o metodę roadmapping AADTP (zakres metod: *Rozdział pierwszy*, *Rozdział trzeci* oraz *Rozdział czwarty*). Przetestowano również w tym scenariuszu hipotezy HS_I, HS_II, HS_IV, HS_V. Wspomaga on opracowania strategii oraz planu operacyjnego podmiotu gospodarczego wytwarzającego urządzenia mobilne na najbliższe dziesięć lat. Rozwiązania mobilne w Polsce stały się, w ciągu ostatnich kilku lat, bardzo popularne. Na szczególną uwagę zasługuje rynek tanich tabletów rodzimych producentów. Do ich grona można zaliczyć takie marki jak: Modecom, TabKiosk, CityTab, Kiano, Goclever, Overmax oraz wiele innych. Intensywne wykorzystanie narzędzia TT, stanowi podstawę działalności firm technologicznych. Polscy producenci nie są w stanie bezpośrednio wytwarzać kompleksowo gotowego produktu bazującego na pracy własnych działów rozwojowych i badawczych. Pewne komponenty oraz rozwiązania inżynierskie muszą pozyskiwać od innych zewnętrznych dostawców.

Scenariusz eksperymentu zakładał przetestowanie systemu informacyjnego jako spójnej całości organizacji procesu decyzyjnego, zdefiniowanych metod modelowania problemu oraz algorytmu podejmowania decyzji. Bazując na tak zdefiniowanym scenariuszu testowym możliwa jest jedynie weryfikacja własności algorytmicznych przyjętego modelu decyzyjnego, bez znacznego użytkowania (na tym etapie) zaprojektowanego systemu informatycznego. Podejście takie wynika głównie z chęci dokładnego przetestowania pewnych komponentów systemu decyzyjnego, które można podzielić na elementy:

- procesowe i algorytmiczne (uniwersalne dla każdej implementacji problemu TT, niezależne do problemu i sposobu implementacji),
- architektoniczne i implementacyjne (obszar implementacji systemu informatycznego).

Wynikowo, architektura testowa dla proponowanego w rozprawie rozwiązania dla przypadku PP_1 powinna zostać okrojona i dostosowana do tego wariantu procedury testowej. Schemat systemu zaprezentowano na Rys. 6.5.



Rys. 6.5 Architektura testowa SWD dla PP_1.

Źródło: Opracowanie własne.

6.3.1 Sposób implementacji metody roadmappingu typu AADTP

Celem bezpośrednim tego scenariusza jest odpowiedź na pytania zawarte w tezie rozprawy dotyczące rozwiązania systemowego TRM. Test obejmował realizację pełnego procesu RM AADTP, zgodnie z opracowanym modelem wdrażania procesu w *Rozdziale pierwszym* i w *Rozdziale drugim* (HS_1). Całość realizacji procesu RM podzielono na cztery zasadnicze etapy, według wytycznych zdefiniowanych przez autora:

Faza I: Działania wstępne.

Działania te polegały na przygotowaniu merytorycznym oraz logistycznym podstaw wdrożenia modelu systemu decyzyjnego, w oparciu o metodę roadmappingu technologicznego. Wstępnie określono zakres projektu, wraz z jego ograniczeniami oraz celami. Okres planistyczny obejmuje horyzont dziesięciu lat. Budowa planu strategicznego na poziomie operacyjnym miała stworzyć wizję funkcjonowania podmiotu w określonym horyzoncie czasowym (opracowanie strategii z elementami jej wdrożenia). Strategia ma obejmować następujące obszary tematyczne: kierunki badawcze, modele strategii marketingowych, budowa zrównoważonego portfela technologicznego oraz know-how z wykorzystaniem metod transferu technologii. Etap ten definiowany jest zgodnie z fazą pierwszą metody RM AADTP. Na tym etapie wyłoniono, m.in. grupy zadaniowe, których strukturę przedstawiono na Tab. 6.4.

Tab. 6.4 Podział kompetencyjny grup eksperckich dla scenariusz testowego PP_I.

Zadanie nr	Nazwa Grupy	Zakres operacyjny	Liczba osób		
			Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1.	Gr_1_x	Zarządzanie nadzór procesem	3	3	3
2.	Gr_2_x	Panel: Warstwa Badania	3	3	3
3.	Gr_3_x	Panel: Warstwa Technologie	3	3	3
4.	Gr_4_x	Panel: Warstwa Produkty	3	3	3
5.	Gr_5_x	Panel: Warstwa Rynki	3	3	3
6.	Gr_1-5_x	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie I	15	15	15
7.	Gr_1-5_x	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie II	15	15	15
8.	Gr_1-5_x	Panel: Podejmowanie decyzji	15	15	15
9.	Gr_1-5_x	Wdrożenie procesu	15	15	15

Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 6.5 Użytkowane wzorce SWD dla scenariusza testowego PP_I.

Zadanie nr	Nazwa Grupy	Zakres operacyjny	Wzorzec SWD		
			Scenariusz	Metoda	Specyfikacja
1.	Gr_1_x	Zarządzanie nadzór procesem	Wariant 1	communication-based	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej

2.	Gr_2_x	Panel: Warstwa Badania	Wariant 1	communication-based,	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
3.	Gr_3_x	Panel: Warstwa Technologie	Wariant 1	communication-based,	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
4.	Gr_4_x	Panel: Warstwa Produkty	Wariant 1	communication-based,	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
5.	Gr_5_x	Panel: Warstwa Rynki	Wariant 1	communication-based,	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
6.	Gr_1-5_x	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie I	Wariant 1	communication-based,	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
7.	Gr_1-5_x	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie II	Wariant 1	communication-based,	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
8.	Gr_1-5_x	Panel: Podejmowanie decyzji	Wariant 1	communication-based, model-based	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail, algorytm analityczny modelu
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based, model-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej, algorytm analityczny modelu
9.	Gr_1-5_x	Wdrożenie procesu	Wariant 1	communication-based, model-based	metody ułatwiających komunikacje oparte o Shrepoint, poczta e-mail, algorytm analityczny modelu
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based, model-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej, algorytm analityczny modelu

Źródło: Opracowanie własne.

Faza II: Budowa modelu.

W ramach tej fazy procesu decyzyjnego nastąpiły procesy właściwego modelowania zagadnienia problemowego powiązanego z transferem technologii, które zmierzało do odpowiedniego jakościowo odwzorowania zachowania podmiotu oraz jego otoczenia. Model ten należy bezpośrednio utożsamiać z diagramem roadmappingowym (Rys. 6.1, Rys. 6.2). Jak już wspomniano w *Rozdziale pierwszym* oraz w *Rozdziale trzecim*, każde zagadnienie problemowe jest interpretowane indywidualnie. Wobec czego na diagramie identyfikowano wyłącznie kluczowe obszary zainteresowania decydenta symbolizowane przez warstwy. Wyboru warstw dokonano metodami badania istotności. Każda warstwa oraz podwarstwy zawierają przynależne im obiekty wyodrębnione w procesie analitycznym (głównie w procesie fuzji wiedzy). Dokonano również wyszczególnienia relacji łączących obiekty identyfikowane na warstwie, bądź na kilku warstwach. Z reguły proces ten jest następstwem identyfikacji struktury warstw oraz podwarstw. Proces identyfikacji oraz opisu wskazanych elementów systemu został oparty na algorytmie konstrukcji modelu, którą jest pochodną metody generowania DRM ([77], [76]). W pierwszej kolejności dokonuje się wyodrębnienia obiektów wewnątrz warstw oraz wskazuje się zależności między nimi. Równorzędnie następuje opis tych obiektów oraz relacji poprzez opis jakościowy, a także ilościowy, np. identyfikacja istotnych cech, przekryteriów oraz finalnie właściwych kryteriów (identyfikacja rozkładów opisujących daną cechę, wyznaczenie miar ryzyka, itd.). Idealną metodą opisu wskazanych cech jest skorzystanie z metod prawdopodobieństwa do opisu zjawisk przepływów pieniężnych oraz ryzyka (np. poz. [351]). Następnym krokiem jest identyfikacja relacji pomiędzy obiektami znajdującymi się na różnych warstwach. Opracowanie modelu systemu technologicznego stanowi proces interaktywny fuzji wiedzy eksperckiej z wykorzystaniem różnych metod, np.: burzy mózgów, metod ankietowych, grup fokusowych, a jego rezultaty pośrednie powinny być dyskutowane i poprawiane w sposób interakcyjny. W fazie tej powstaje diagram roadmappingu, wraz z opisem oraz rekomendacjami dla decydentów (por. Rys. 6.7). Diagram zawiera zależności przyczynowo-skutkowe dla obiektów poszczególnych warstw. Podczas procesu roadmappingu identyfikowane są dwa rodzaje powiązań: wewnątrz warstw oraz między warstwowe. Relacje między obiektami (Produkty) w warstwie „Produkty”, opisują proces od wejścia na rynek poszczególnych partii produktów, aż do momentu ich wycofania i zastąpienia przez nowszy wariant (tzw. efekt ewolucji). Zdefiniowano następujące relacje wewnątrzwarstwowe:

- 1) (Badania naukowe; Technologie) – ewolucja badań naukowych (następstwo czasowe kierunków i wyników badań, ewolucja charakterystyk dziedzin badawczych związana z ich rozwojem),
- 2) (Licencje; Technologie) – dostępność technologii w wyniku realizacji procesów kooperacji, zakupu licencji oraz kluczowych komponentów od zewnętrznych dostawców,
- 3) (Produkty; Technologie) – wprowadzone na rynek produkty i ich substytucja,
- 4) (Produkty; Sposobności rozwojowe) – powiązanie z produktem identyfikowanych czynników rozwojowych oraz ich ewolucja,
- 5) (Produkt; Czynniki biznesowe) – identyfikacja i ewolucja czynników biznesowych oraz rynkowych.

Relacje między warstwowe definiują różny kontekst interakcji pomiędzy obiektami, np. produkt może być analizowany w kontekście ewolucji technologicznej (identyfikacji szans oraz zagrożeń rozwoju pewnej gamy produktowej lub budowy wartości użytkowej w horyzoncie krótko lub długoterminowym – strategia zrównoważonego rozwoju). W podobny sposób może być postrzegana warstwa „Badań Naukowych” - jako sfera analizy scenariuszy budowy wartości portfela technologicznego. Warstwa „Technologie” utożsamia aktywny portfel technologiczny będący w dyspozycji danego podmiotu, determinujący produkty mogące być wytwarzane, obecnie i w przyszłości, przy aktywacji pewnych scenariuszy jednostkowych. Na diagramie Rys. 6.8 zawarto zbiory przykładowych scenariuszy elementarnych oraz identyfikowano relacje pomiędzy tymi elementami. Formalny model opisu zjawiska stanowi SZD, szczegółowo omówiony w *Rozdziale piątym*. Algorytmy optymalizacji trajektorii hiperautomatu pozwalają na zdefiniowanie dopuszczalnych rozwiązań problemu decyzyjnego. Zgodnie z analizą PP_1, wyłaniają się dwie

konkurencyjne strategie: strategia użytkująca własny ośrodek badawczy, celem opracowania rozwiązań wdrożenia danej technologii (pewne komponenty opracowane wewnętrznie) oraz strategia licencjonowania lub innego pozyskania wiedzy procesowej, czy technologii (zrównoważona strategia pozyskiwania technologii ze źródeł własnych i zewnętrznych). Wskazane zależności zawsze można wizualizować na MD (Rys. 6.1, Rys. 6.2). Opracowane rezultaty finalnie zawsze podlegają zatwierdzeniu przez delegowane zespoły ekspertów. Wskazane strategie stanowią również podstawę do budowy zaawansowanych metod implementacji transferu technologii w sensie kreowania podaży lub popytu na technologie. Główny problem na tym etapie staje się poprawne budowanie strategii aktywności w ogólnorozumianej sferze technologii, np. badanie relacji pomiędzy obiektami warstwy „Badań Naukowych” (kierunki badań), a odpowiednimi obiektami w warstwie „Technologie” (mierzalny efekt komercjalizacji badań). Przykładowo, relacja pomiędzy obiektem „Konstrukcja II”, a jej odpowiednikiem na warstwie technologii, umożliwia utworzenie modelowania klasy obudowy wykorzystywanej w nowej serii produktów mobilnych. Obiekty na warstwie „Technologie” mogą być tworem własnej pracy (działy B&R) lub zostać wytworzone przez zewnętrzne podmioty (outsourcing, licencje, patenty, itd.). Różne scenariusze elementarne (modelowane głównie przez DFHA) są integrowane i analizowane tworząc potencjalną trajektorię funkcjonowania operacyjnego podmiotu. Z reguły, dla każdego punktu w czasie t można utworzyć portfel technologiczny, wraz ze zbiorem adekwatnych metod TT niezbędnych do jego utworzenia w zdefiniowanym horyzoncie czasowym. Obiekty te mogą zostać przetransformowane na rzeczywiste produkty rynkowe (patrz relacja 3). Zgodnie z hipotezą zawartą w *Rozdziale trzecim*, kluczowym obszarem analitycznym jest również właściwa identyfikacja opcji rzeczywistych (jedynie dla metody opracowanej w rozprawie). Odpowiedni opis obiektów oraz relacji wymusza każdorazowo opis opcji przynależny tym elementom. Użytkowane opcje w kontekście analitycznym, zawarto w *Rozdziale piątym*. Rozszerzenie funkcji optymalizacji o opcje można interpretować jako, tzw. funkcje „nagrody” lub „kary” uwzględnioną w opracowanym modelu decyzyjnym (oceny elastyczności menadżerskiej). W prezentowanym przypadku funkcja ta jest powiązana z analizą substytucyjnych alternatywnych wizji projektowanych rozwiązań technologicznych. W tym kontekście następuje wartościowanie alternatyw: patent lub licencja od obcych podmiotów kontra oparcie produktu na własnej myśli technologicznej. W drugim przypadku, użytkowanie tego IP może mieć zastosowanie w przyszłości innych produktach (relacja 4) i docelowo obniżyć koszt wytworzenia własnych rozwiązań technologicznych (opcja).

Faza III: Analiza decyzyjna (obszar wspomagania decyzji).

Na trzecim etapie, podstawą analizy staje się kompletny i zatwierdzony przez zespoły model zagadnienia problemowego. Wizualizację modelu stanowi diagram roadmappingowy, który zawarto na Rys. 6.7. Model ten na tym etapie jest podstawą do wykonania właściwej analizy decyzyjnej z wykorzystaniem algorytmu wspomagania decyzji (dla metody pierwszej model SZD, *Rozdział piąty*) Klasyczna metoda korzysta w pełni z diagramu roadmappingowego.

W przypadku pierwszej metody zastosowanie teorii optymalnego sterowania SZD pozwala na identyfikację wielokryterialnej ścieżki hiperautomatu (systemu dyskretnego). Zgodnie ze specyfikacją problemu (Faza I) poszukuje się strategii i planu operacyjnego, które zapewnią zrównoważony rozwój podmiotu wraz ze wsparciem narzędzi transferu technologii w zdefiniowanym horyzoncie czasowym. Poszukiwana ścieżka stanowi optymalną strategię działalności operacyjnej podmiotu. Rozwiązanie tego problemu stanowi strategia - wraz z planem na poziomie operacyjnym - optymalizująca działania tego podmiotu spójnie w różnych obszarach funkcjonowania (warstwach) przy zdefiniowanych ograniczeniach instytucjonalno-finansowych. Podstawowe kryteria oceny wariantów przedstawiono w *Rozdziale piątym*. Warto zauważyć, że w modelu dokonano wyodrębnienia pięciu warstw głównych wraz z podwarstwami: technologia, produkty, badania, sposobności rozwoju, czynniki biznesowe. W sensie analitycznym działanie to prowadzi do analizy dwunastu warstw głównych oraz dodatkowego badania pozostałych związków strukturalnych pomiędzy warstwami, badania zależności czasowych i kierunków (trendów) ich zmian. Dokonuje się identyfikacji podsystemów oraz powiązań pomiędzy nimi (w tym opisuje się dynamikę oraz interakcję). Działanie to prowadzi do identyfikacji relacji ternarnych lub wyższych rzędów dla

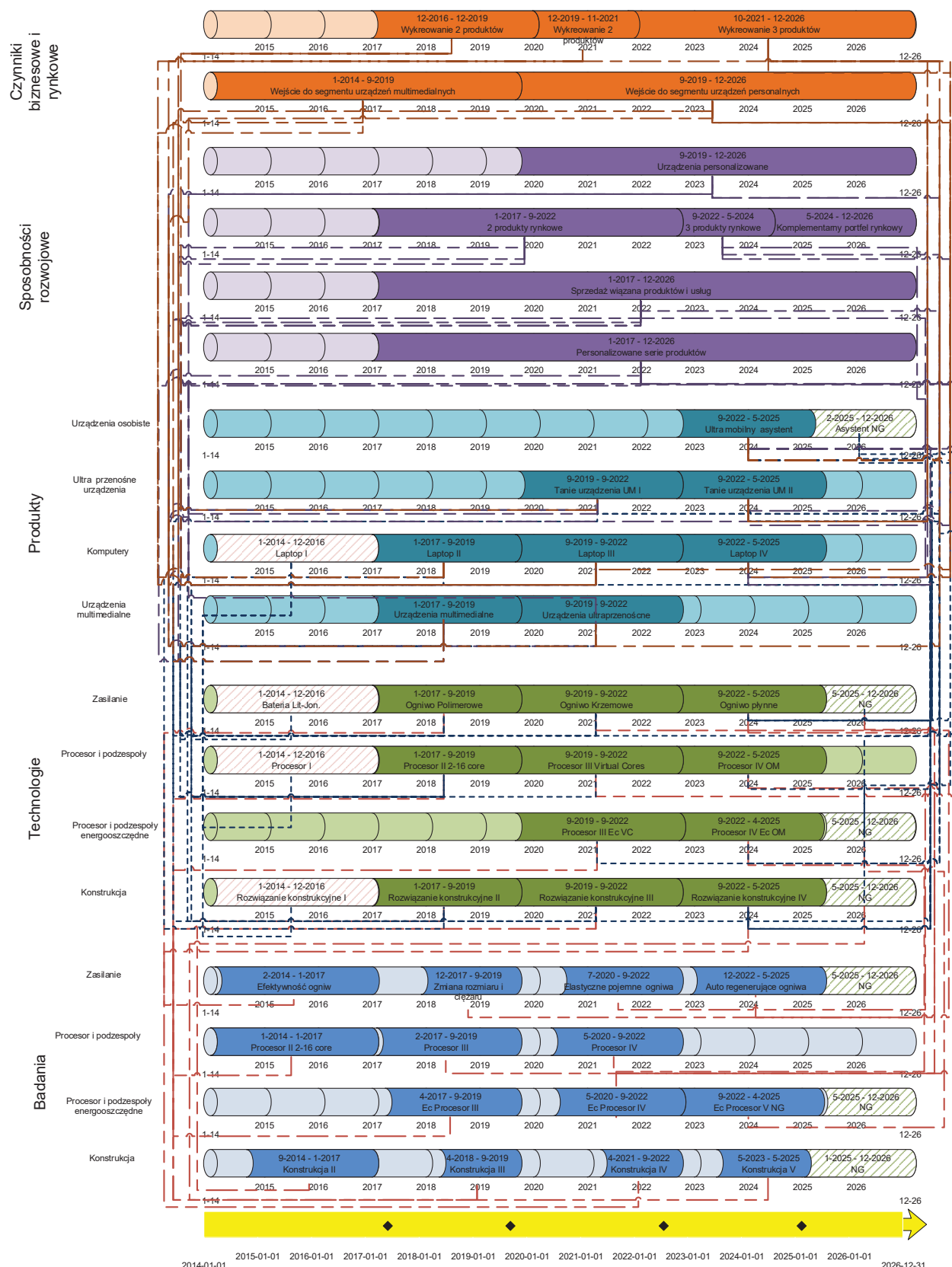
hiperautomatu. Identyfikacji optymalnej strategii (trajektorii), zgodnie ze zdefiniowanymi kryteriami ilościowymi i jakościowymi, dokonano poprzez wykonanie zaproponowanego w *Rozdziale piątym* metody. Efekt wykonania algorytmu stanowi plan strategiczny wraz z planem operacyjnym, wkomponowany w działalność danego podmiotu, zwarty na diagramie roadmappingowym (Rys. 6.7). Wdrożenie tych rezultatów stanowi rozwiązanie problemu strategicznego planowania wdrażania metod transferu technologii. Dla metody klasycznej plan powstaje na podstawie analizy diagramów roadmappingowych. W przypadku pierwszej i trzeciej metody, analiza decyzyjna zmierza do dyskretyzacji scenariuszowej DRM i poszukiwania punktów bifurkacyjnych diagramu. Następnie sytuacja decyzyjna analizowana jest z wykorzystaniem metod optymalizacji dyskretnej.

Faza IV: Działania uzupełniające.

Działania uzupełniające zmierzają do ciągłego monitorowania planu wdrożenia oraz ewentualnej jego modyfikacji, zgodnie z opracowanymi dobrymi praktykami (poz. *Rozdział pierwszy*). Ponadto na tym etapie następuje zdefiniowanie planu działań zmierzające do zabezpieczenia efektów przedsięwzięcia podejmowania decyzji (głównie zachowania jego aktualności rezultatu). Zachodzi też konieczność opracowania procedur aktualizacji modelu przez aktywne monitorowanie otoczenia oraz utworzenie harmonogramu aktualizacji diagramu i strategii. Wobec tego przykładu określono interwały pomiędzy przeglądami w odstępach rocznych. Rys. 6.7 może być uzupełniony o wskazane powyżej elementy.

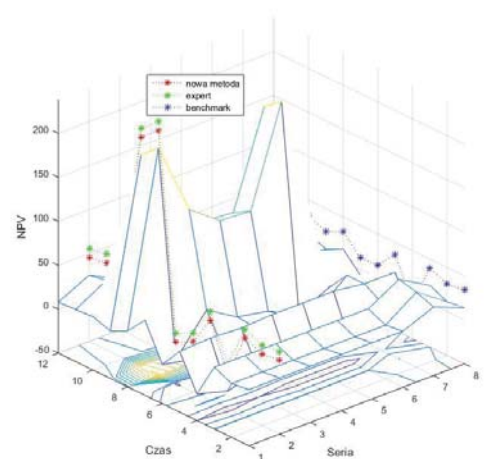
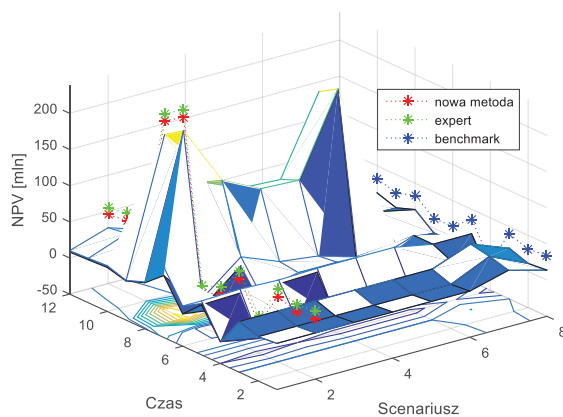
6.3.2 Weryfikacja stosowanych metod

Badanie skuteczności zaproponowanego rozwiązania opiera się na analizie porównawczej uzyskanych rezultatów zastosowania algorytmów optymalnego sterowania systemem dyskretnym (nowa metoda W1 i benchmarking W3) oraz wyników otrzymanych z wykorzystaniem metod heurystycznych (klasyczna metoda W2). Na Rys. 6.8 zawarto analizę porównawczą rezultatów otrzymanych z implementacji różnych metod podstawowych wyszczególnionych w metodologii testów. Na wskazanym powyżej wykresie, nałożono na siebie dwie płaszczyzny NPV (kolor) oraz ENPV (kontur). Nad płaszczyzną czerwonymi punktami wyróżniono scenariusz, który opracowano na podstawie metodycznej opracowanej w *Rozdziale piątym* (W1). Kolorem zielonym oznaczono efekt opracowania powstałego w wyniku funkcjonowania klasycznej metody eksperckiej (klasyczny roadmapping – W2). Kolorem niebieskim oznaczono metodę benchmarkingową (W3). Analiza szczegółowa potwierdza prawidłowość uzyskanego wyniku przez zastosowanie proponowanego algorytmu decyzyjnego. Oba przedstawione rozwiązania są identyczne ze sobą. Rozszerzona ocena wariantów technologicznych o dodatkowe elementy środowiskowe (opcja rzeczywista) widoczne na (kontur) pozwala na dokładniejsze odzwierciedlenie wpływu dodatkowych czynników na ocenę sytuacji decyzyjnej (np. użytkowania własnych zasobów do wytworzenia technologii celem jej późniejszego udostępniania innym) oraz tzw. Wpływu narzędzia TT na elastyczność procesów występujących w danej organizacji (np. współdzielenie lub zastępowanie komponentów produktów). Można zauważyć, że brak uwzględnienia opcji (w kontekście wartościowania determinowanej przez funkcje nagrody lub kary) w kroku t dla trzeciego przypadku (W3) pogorszyło jego rezultaty. Brak uwzględnienia oszacowania pozytywnego lub negatywnego wpływu pewnych przyszłych procesów (także w kontekście niepewności i braku możliwości ich wycofania), negatywnie wpływa na poprawność podejmowanych decyzji (pułapka ekstremów lokalnych na płaszczyźnie konturu).

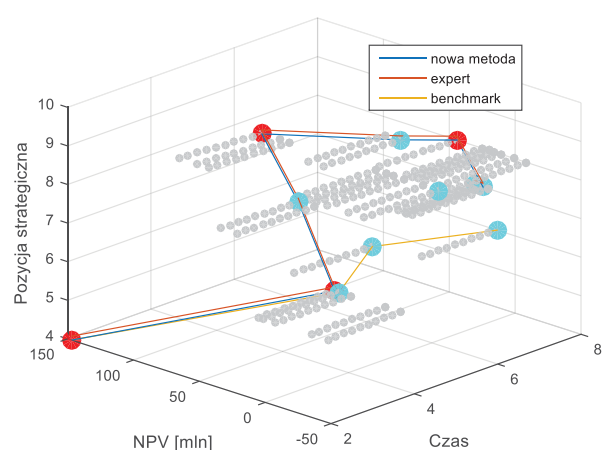
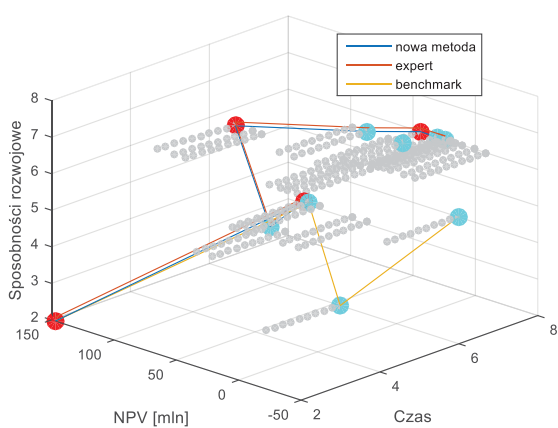
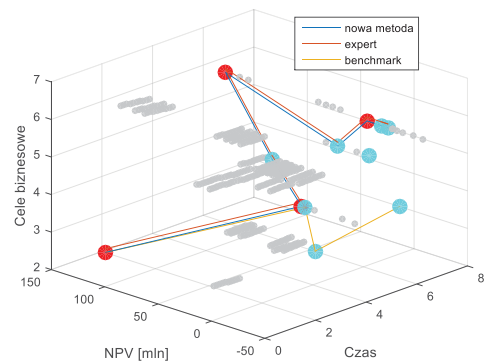
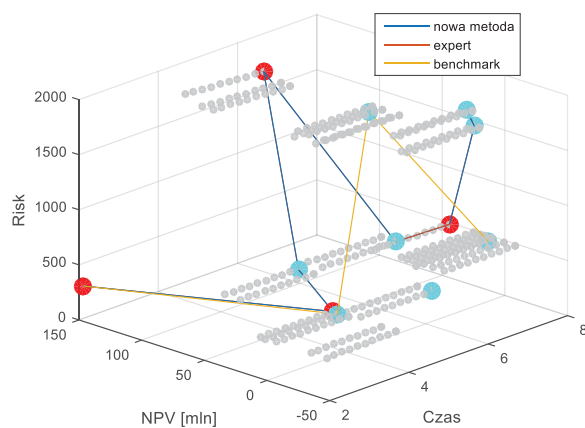


Rys. 6.7 Diagram roadmappingowy PP_1 (W1)– efekt zastosowania algorytmów decyzyjnych.
Źródło: Opracowanie własne.

Wynikowa wizja strategiczna funkcjonowania podmiotu z implementacją metod transferu technologii został zobrazowany z wykorzystaniem diagramu DRM na Rys. 6.7, a wektor decyzyjny zawarto w Dodatku 0.5 (ze względu na dużą objętość).



Rys. 6.8 Ocena porównawcza efektywności analitycznej wszystkich metod dla scenariusza testowego PP_1.
Źródło: Opracowanie własne.

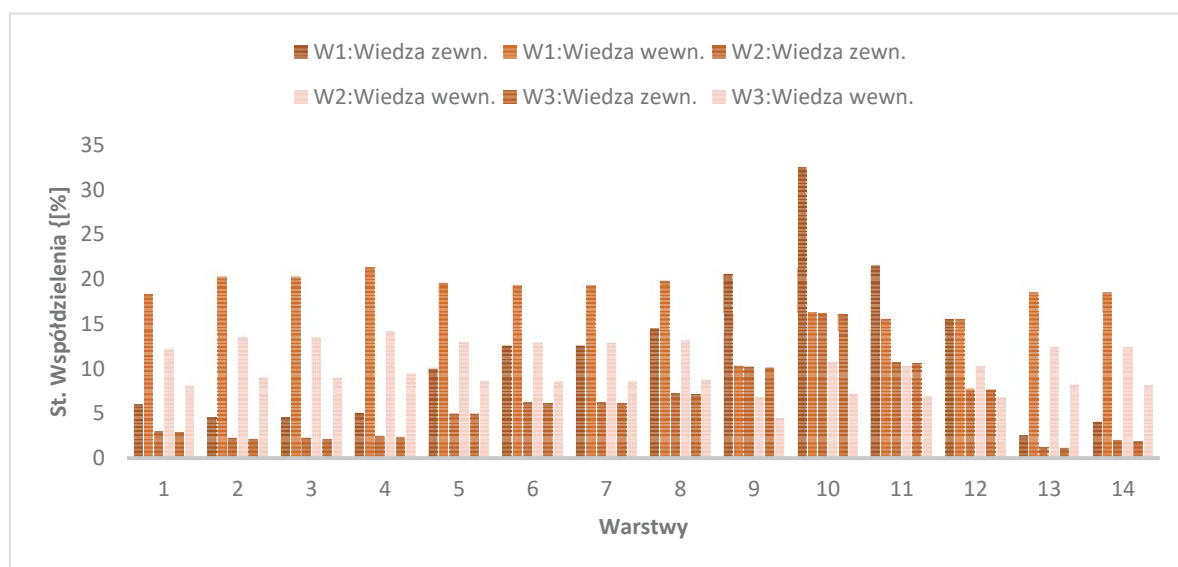


Rys. 6.9 Optymalna trajektoria w przestrzeni wielokryterialnej PP_1 (metoda UTAStar), Wariant I, II, III.
Źródło: Opracowanie własne.

Potwierdzeniem poprawności wyboru strategii w przypadku dwóch pierwszych metod jest wizualizacja, tzw. Wielokryterialnej ścieżki krytycznej symbolizującej optymalną strategię

implementacji polityk w przestrzeni kryteriów, zawartej na Rys. 6.8 oraz Rys. 6.9. Konstrukcja planu strategicznego i operacyjnego w obszarze transferu technologii wymaga jasno określonych działań i sposobu ich implementacji. Wskazane rysunki determinują następstwo stosowania obranej strategii oraz kolejności jej wdrażania przez przedsiębiorcę. Analiza wykresów Rys. 6.9 jest intuicyjna i łatwa w interpretacji, gdzie poszczególne wyróżnione punkty symbolizują klastry decyzji elementarnych. Dokonując analizy ścieżek wielokryterialnych dla każdej z metod testowych w przestrzeni wielokryterialnej uwidaczniają się uprzednio zauważone prawidłowości. Metoda ekspercka (klasyczny RM) podobnie interpretuje sytuację decyzyjną, jak proponowana w rozprawie metoda analityczna. To pozwala stwierdzić, że hipotezy HS_I, HS_IV i HS_V są prawdziwe.

Zasadność stosowania technik zarządzania wiedzą, w prezentowanym zagadnieniu decyzyjnym, potwierdza analiza treści zawartej na Rys. 6.10. Na rysunku zawarto zestawienie kategorii źródeł wiedzy wymaganych do realizacji zadania decyzyjnego z wyszczególnieniem struktury warstw. Diagram wskazuje na położenie dużego nacisku na współdzielenie wiedzy we współczesnych systemach wspomagania decyzji. Dostęp do danych informacji i wiedzy może przesądzić o skuteczności stosowania narzędzi informatycznych. Bazując na tym przypadku wiele źródeł wiedzy może być współdzielonych wewnątrz podmiotu. Nawet proste techniki współdzielenia wiedzy pozwala na bardziej efektywną realizację procesów decyzyjnych pomiędzy projektami (jakie mogą być uruchomione w przyszłości). Mają na to wpływ nawet proste techniki typu: forum, lista dyskusyjna, blog, przestrzeń współdzielenia wiedzy projektów wraz z odpowiednimi uprawnieniami. Dodatkowo tę wiedzę można współdzielić i dystrybuować do zewnętrznych podmiotów zainteresowanych tymi informacjami i danymi (gotowe biblioteki wiedzy, poszukiwanie wzorców). Podmioty dokonujące budowy planu strategicznego wymagają dostępu do wielu źródeł wiedzy. Pojawia się wówczas potrzeba ich pozyskania i przetworzenia. Dostęp ten warunkuje jakość oraz efektywność przeprowadzonego procesu decyzyjnego. Dostarczenie podmiotom mechanizmów zarządzania wiedzą stanowi podstawę użytkowania nowoczesnych systemów decyzyjnych. Nawet realizacja procesu RM oraz rozwiązanie problemów typu AADTP, dla aktualnego scenariusza badań w oparciu o system informacyjny, wymaga stosowania elementarnych mechanizmów zarządzania wiedzą.



Rys. 6.10 Współdzielenie wiedzy w systemie informacyjnym PP_1 (profile W1-W3).
Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 6.6 Porównanie ilościowe rezultatów zastosowanych metod W1-W3.

	NPV	Ryzyko	Czynnik Biznesowe	Sposobności Rozwojowe	Strateg	Długość projektu
	[mln zł]	[]	[]	[]	[]	[dni]
Nowa metoda, Wariant I						
min	10,5408	319,5718	2	2	4	61
średnia	55,92889	904,7229	4,625	5,5	7,125	122,4286
mediana	34,24761	633,4205	5	6	7,5	153
max	146,9694	1818,366	6	7	9	153
NPV	447,4311	7237,783	37	44	57	
Podejście Klasyczne, Eksperckie, Wariant II						
min	10,5408	319,5718	2	2	4	61
średnia	55,92889	904,7229	4,625	5,5	7,125	122,4286
mediana	34,24761	633,4205	5	6	7,5	153
max	146,9694	1818,366	6	7	9	153
suma	447,4311	7237,783	37	44	57	
Benchmark, metoda porównawcza, Wariant III						
min	7,152368	319,5718	2	2	4	61
średnia	53,23028	711,328	2,75	3,5	5,5	122,4286
mediana	29,39969	382,2089	2,5	3	6	153
max	146,9694	1761,322	4	6	6	153
suma	212,9211	2845,312	11	14	22	

Źródło: Opracowanie własne.

Celem właściwej oceny porównawczej metod pod względem analitycznym dokonano analizy danych uzyskanych z przeprowadzenia eksperymentu w scenariuszu testowym I. Rezultaty analizy ilościowej porównania tych trzech metod zawarto w Tab. 6.6. W przeprowadzonym badaniu dwie metody pozwoliły na uzyskanie najlepszego rezultatu, tj. zaproponowana w rozprawie metoda (W1) oraz podejście klasyczne – eksperckie (klasyczny RM). Wnioskowano ten fakt, na podstawie analizy przedstawionych wyników, gdzie otrzymano identyczne wektory decyzji optymalnych dla testowego problemu. Rezultaty otrzymane dla metody numer trzy, są gorsze od poprzednich rezultatów wzorcowych (przykład Dodatek 0.6). Zbieżność dwóch pierwszych wyników testowanych metod może być następstwem małej możliwości ekspresji modelu systemu, wrażliwości metody na ekstrema lokalne, inne. Innym czynnikiem mogącym wpłynąć na rezultat tych dwóch metod jest fakt, że zespoły analityczne biorące udział w badaniach nie były liczne. Pozwoliło to na uzyskanie większej jednomyślności decyzyjnej w przypadku drugiej metody testowej. Wszystkie trzy podejścia wymagają tyle samo roboczo dni, co jest następstwem korzystania z podobnych zasobów informacyjnych. Podsumowując powyższy scenariusz badawczy hipotezy HS_I, HS_IV, HS_V dla metody pierwszej są prawdziwe, jednak nadal nie ma możliwości potwierdzenia kolejnych hipotez bez bardziej szczegółowych badań.

6.4 Scenariusz testowy II Problem NPD-MP dla technologii Big Data

Scenariusz testowy został opracowany zgodnie z metodologią badań zdefiniowaną na początku rozdziału i stanowi on rozwinięcie poprzedniego badania. W poprzednim badaniu sprawdzano wyłącznie pewne elementy systemu informacyjnego opartego o RM (HS_I) i aspekt algorytmu wspomagania decyzji (HS_IV, HS_V). Na tym etapie rozważa się sprawdzenie pełnej architektury opracowanego systemu informatycznego (w przypadku wariantu W1). W przypadku metody bechmarkingowej będzie to fuzja metody klasycznej RM, wraz z możliwością skorzystania z aplikacji webowej z zaimplementowanym algorytmem wspomagania decyzji opartym o

programowanie sieciowe. Bezpośrednim celem tego badania jest odpowiedź na pytanie badawcze zawarte w tezie rozprawy. Pomocne w tym celu będzie przetestowanie wszystkich hipotez szczegółowych HS_I-HS_V.

Aby zrealizować powyższe wytyczne weryfikacyjne zdefiniowano praktyczny problem w obszarze tworzenia strategii podmiotów związanych z rynkiem wysokich technologii. Dokonano identyfikacji zagadnienia typu NPD-MP dla dostawcy rozwiązań Big Data. Pośrednią genezą wyboru tematyki testu stanowił nabór wniosków do projektu Call FP7-ICT-2013-10 Objective ICT-2013.4.2 Scalable data analytics, punkt „a” oraz „c”. Zgodnie ze specyfikacją wniosku konkursowego projektu, należało przygotować narzędzia pozwalające na kreowanie wizji funkcjonowania podmiotów zaangażowanych w obszarze Big Data, tj. Wysokowydajnych rozwiązań analitycznych dla dużych wolumenów danych. Zarządzanie operacyjne tych podmiotów powinno być spójne z ustawicznym dwukierunkowym oddziaływaniem czynników zewnętrznych, takich jak: technologiczne, socjologiczne, ekonomiczne, prawne, polityczne, itd. (pełna lista czynników i wymagań w preambule wskazanego projektu badawczego). W mniemaniu autora rozprawy, czynnik technologiczny powinien zostać uzupełniony o badanie zasadności stosowania narzędzi transferu technologii.

W odpowiedzi na zadanie konkursowe FP7-ICT-2013-10 Objective ICT-2013.4.2, autor zaproponował implementację metody opracowanej w rozprawie dla jednego z producentów rozwiązań Big Data. Wskazana implementacja problemu NPD-MP została rozszerzona o elementy AADTP. Badanie miało równocześnie sprawdzić zasadność stosowania tego typu metodyki dla zagadnień planowania strategicznego i operacyjnego wraz z zastosowaniem elementów transferu technologii.

Implementacja wg założeń konkursowych powinna spełniać następujące kryteria:

- tworzyć wizję rozwoju produktów i usług w szeroko pojętym obszarze kompetencyjnym Big Data,
- modelować pozytywny wpływ czynników zewnętrznych, np. ekonomicznych, społecznych, prawnych, itp.,
- modelować negatywny wpływ czynników zewnętrznych związanych z problemami prywatności oraz etyki,
- budować społeczności wokół zdefiniowanego problemu oraz powiązania pomiędzy znaczącymi partnerami w Europie.

Dla zdefiniowanych powyżej założeń, potencjalnym odbiorcą tego typu systemów analizy sytuacyjnej oraz wspomagania decyzji w sektorze Big Data, są duże podmioty, np. Capgemini, ECM2, HDS Polska, Bull oraz wiele innych. Wskazany obszar docelowy beneficjentów wynika głównie ze: skali nakładów inwestycyjnych wymaganych w tego typu przedsięwzięciach, struktury rynków docelowych, działalności operacyjnej, dostępności zasobów, itp. Na potrzeby tego scenariusza badawczego problem można zdefiniować jako poszukiwanie odpowiedniej strategii oraz planu operacyjnego pozwalającego na zrównoważony rozwój podmiotu funkcjonującego w obszarze technologii informatycznych z użytkowaniem narzędzi transferu technologii.

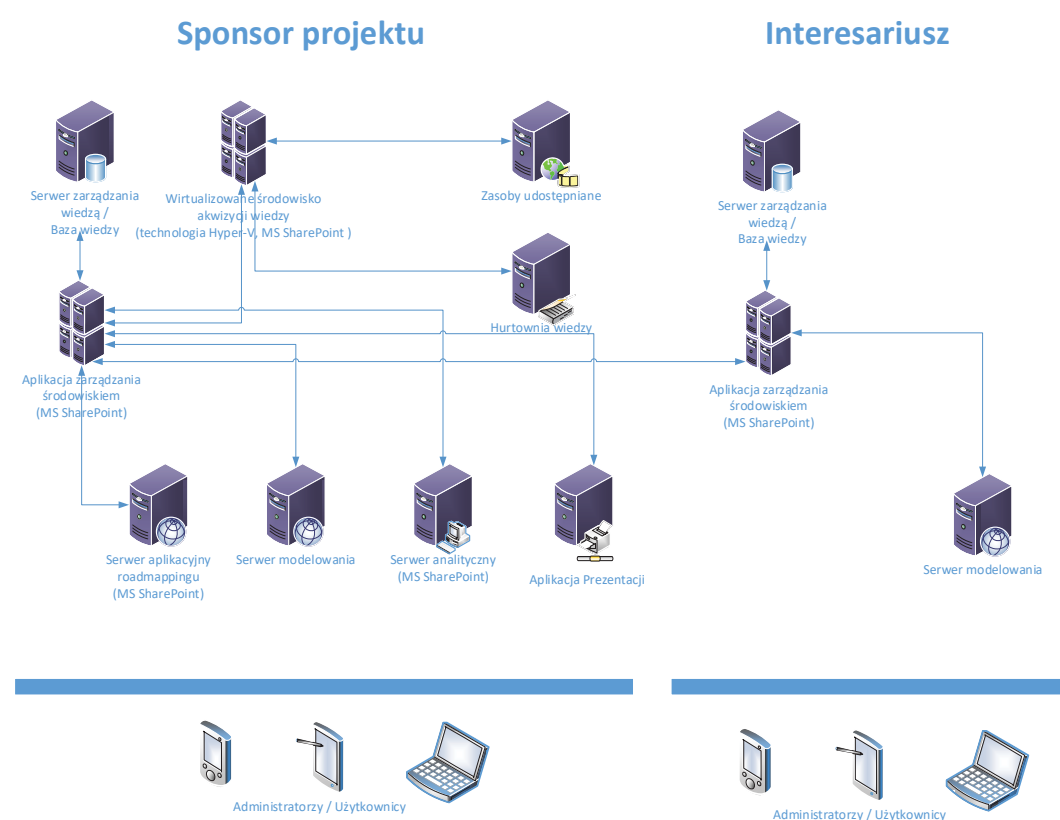
Weryfikacji poddane zostaną procedury, architektura oraz algorytmy wsparcia procesu decyzyjnego (wszystkie hipotezy łącznie: HS_I, HS_II, HS_III, HS_IV). Oznacza to kompleksowe testowanie rozwiązania opracowanego w rozprawie na podstawie autorskiego podejścia rozwiązywania problemów transferu technologii z wykorzystaniem RM typu AADTP, rozdział trzeci-piasty). Wszystkie wskazane elementy procesu informacyjnego zostają automatycznie przeniesione na dedykowaną platformę wspomagania podejmowania decyzji (architektura systemu oraz dedykowany system zarządzania wiedzą, *Rozdział czwarty* i *Rozdział piasty*).

Procedury i algorytmy RM typu AADTP mają swoje bezpośrednie odzwierciedlenie w systemie informatycznym wspomagającym proces wspomagania decyzji na każdym z jego etapów (Fazy I-IV). Implementację systemu wykonano w środowisku Microsoft Sharepoint (zgodnie ze specyfikacją - *Rozdział trzeci* oraz projektem *Rozdział czwarty*), co umożliwiło dostarczenie potencjalnemu decydentowi szeregu usług za pomocą zintegrowanej platformy programistycznej. Pewne jego komponenty wykonano w komplementarnych technologiach doskonale się uzupełniających, np. wPF, JENA i wiele innych.

Zasadność użytkowania wskazanych technologii informatycznych zwarto w punkcie 6.2. Dobór wskazanego oprogramowania wynikał głównie z jego elastyczność, dostępu do bogatej dokumentacji, cech funkcjonalnych oraz stabilności. Wobec czego, możliwe stało się dostarczenie potencjalnemu użytkownikowi elastycznego środowiska decyzyjnego pozwalającego na pełne dostosowanie jego elementów do implementacji różnych problemów praktycznych. Przykładowo, możliwość stosowania takich mechanizmów jak: webparts, workflows, workspace pozwalają na dowolną modyfikację procedur, algorytmów czy modułów funkcjonalnych (zgodnie z uprawnieniami) celem dostosowania każdego elementu procesu do wdrażanego środowiska i problemu. Bazując na dostarczonym wzorcu oprogramowaniu każdy z beneficjentów w ramach przysługujących mu uprawnień może dodawać nowe oraz modyfikować wskazane elementy przez ogólnodostępne oprogramowanie. Dodatkowo, projekt środowiska jest ukierunkowany na współdzielenie wiedzy pomiędzy wielu odbiorców, co pozwala na interoperacyjność procesową w rozległym środowisku decyzyjnym. Ta funkcjonalność w opracowanej metodologii ma też duże znaczenie dla systemu wspomagania decyzji.

6.4.1 Sposób implementacji roadmappingu typu AADTP

Metoda RM typu AADTP jest traktowana jako szkielet informacyjny dla procesu decyzyjnego rozwiązującego zdefiniowany problem transferu technologii. RM w tym względzie kompleksowo determinuje proces oraz definiuje źródła i sposób przepływu informacyjnego. Efektem wynikowym funkcjonowania systemu w zdefiniowanej przez autora architekturze stanowi plan strategiczny wraz z operacyjnym z odpowiednimi adnotacjami ekspertów. To zostaje przedstawione finalnie decydentowi. Weryfikacja metody w tym scenariuszu zakłada test całościowy dwóch podstawowych elementów: programowego (procedury i metody) oraz architektonicznego systemu informatycznego (koncepcja architektoniczna). Architekturę testową dla zdefiniowanego w tym punkcie problemu przedstawiono na Rys. 6.11. Konfiguracje architektury testowej zgodnie z opisami rysunku zawarto w: specyfikacji sprzętowej Tab. 6.1 i Tab. 6.2 oraz specyfikacji programowej Tab. 6.3.



Rys. 6.11 Architektura testowa SWD dla PP_2.
Źródło: Opracowanie własne.

Celem potwierdzenia słuszności proponowanych rozwiązań w tym punkcie przeprowadzono badanie testowe, które obejmowało realizację pełnego procesu RM (testowanie HS_I) w oparciu o proponowane rozwiązania alternatywne. Tak, jak w poprzednim przypadku, proces decyzyjny podzielono na cztery zasadnicze etapy realizowane przez system decyzyjny zgodnie z wytycznymi wraz ze wsparciem w razie możliwości odpowiednich systemów informatycznych. Proces ten przeprowadzono w następujący sposób (wytyczne procesowe zdefiniowano w Dodatku 0.2):

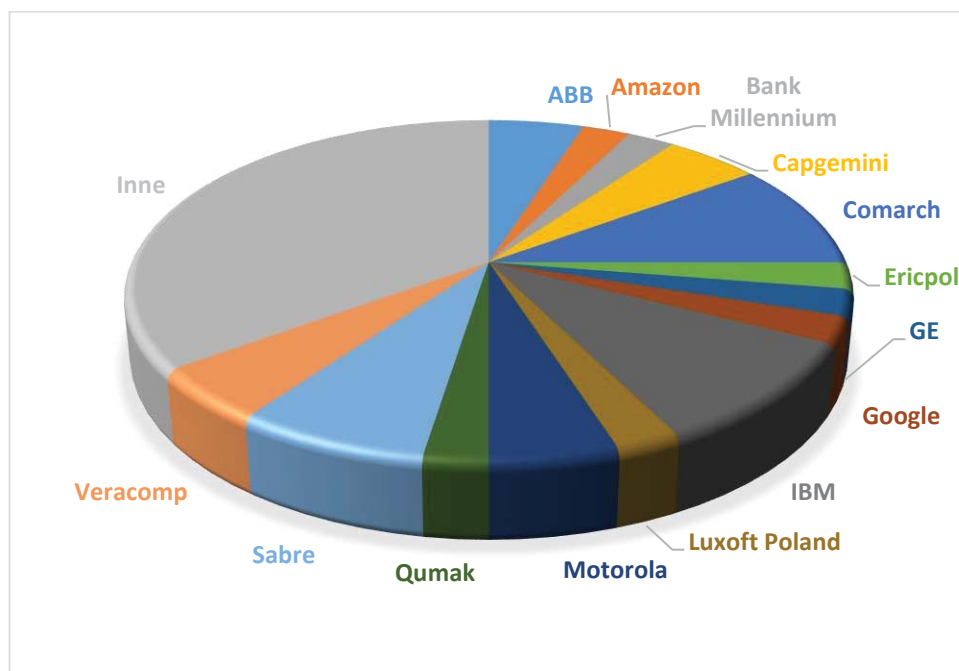
Faza I: Działania wstępne.

Działania te polegały na przygotowaniu merytorycznemu oraz logistycznemu podstaw wdrożenia modelu decyzyjnego zgodnego ze schematem procesowym RM. W tym obszarze wykorzystuje się do nadzoru tego elementu procesowego narzędzia systemu informatycznego typu workspace oraz workflows. Nabór do zespołów ekspertów był dobrowolny na podstawie formularzy aplikacyjnych. Wyselekcjonowano grupę 40 osób biorących udział w projekcie dla każdego wariantu testowego. Główny zespół ekspercki składający się z trzech osób, które zostały oddelegowane przez sponsora projektu (podmiot wdrażający). Zespół zdefiniował podstawowe założenia oraz zakres projektu. Okres planistyczny definiuje horyzont czasowy określony na najbliższe dwadzieścia lat. Z uwagi na obszar źródłowy problemu oraz wytyczne konkursowe, strategia powinna uwzględniać planowanie w oparciu o zasadę zrównoważonego rozwoju potencjału innowacyjnego podmiotu wdrażającego tę strategię. Osiągnięcie wskazanych celów częściowych jest możliwe wyłącznie przez odpowiednią politykę użytkowania narzędzi transferu technologii, szczególnie w sferach zdefiniowania kierunków badawczych, strategii budowy marek oraz portfeli technologicznych dostosowanych do różnorodnych rynków docelowych. Zdefiniowanie procesu na tym etapie, pozwoliło na właściwe określenie oraz dostosowanie metody do danego zagadnienia roboczego. Zgodnie z anonimowymi ankietami wyłoniono grupy eksperckie, których strukturę przedstawiono na Rys. 6.12. Wobec czego wyłoniono grupy zadaniowe, których strukturę zawarto w Tab. 6.7. Grupy zadaniowe tak dobrano, by charakteryzowały się wystarczającym oraz wszechstronnym poziomem kompetencji w przedmiocie zleconego im zadania problemowego. Proces w tej fazie dla opracowanej metody realizowano głównie poprzez takie elementy platformy informatycznej, jak: workspace, forum, workflow. Szczegółowe zestawienie metod SWD używanych podczas tej fazy procesu (również dla pozostałych metod) zawarto w Tab. 6.8. W pozostałych wariantach W2-W3 metod testowych korzystano z podstawowych narzędzi informatycznych.

Tab. 6.7 Przydział zadaniowy Grup eksperckich dla PP_II.

Zadanie Nr	Nazwa Grupy	Zakres operacyjny	Liczba osób (zaangażowana)		
			V1	V2	V3
1.	Gr_1	Zarządzanie nadzór procesem	3	3	3
2.	Gr_2	Panel: Warstwa Badania	15	15	15
3.	Gr_3	Panel: Warstwa Technologie	15	15	15
4.	Gr_4	Panel: Warstwa Produkty	15	15	15
5.	Gr_5	Panel: Warstwa Rynki	15	15	15
6.	Gr_1-5	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie I	30	30	30
7.	Gr_1-5	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie II	30	30	30
8.	Gr_1-5	Panel: Podejmowanie decyzji	30	30	30
9.	Gr_1-5	Wdrożenie procesu	15	15	15

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.12 Struktura naboru ekspertów dla badania PP_2 na podstawie badania ankietowego.

Źródło: Opracowanie własne.

Faza II: Budowa modelu

Podstawę analizy w kolejnej fazie stanowi poprawnie skonstruowany model dyskretny problemu opracowany w tej fazie procesu RM (przykład Rys. 6.38). Model ten powstaje w warstwie modelowania w architekturze przedstawionej w *Rozdziale czwartym*. Na tym etapie użytkuje się narzędzia workspace oraz workflow aplikacji. Proces pozwala na wyodrębnienie kluczowych obszarów zainteresowania decydenta, co jest symbolizowane przez warstwy (narzędzia). Słownik warstw może być uszczegóławiany i rozszerzany przez grupy zdaniowe złożone przez ekspertów w ramach, tzw. fuzji wiedzy w ramach szczegółowej dyskusji. Zespół rozpoczyna pracę od schematu warstwy definiowanej w *Rozdziale drugim* i w *Rozdziale trzecim* dla problemu NPD-ML. Schemat ten stanowi główną strukturę warstw, gdzie dokonano wyszczególnienia struktury warstw: rynek, badania, licencje, działania TT oraz technologie. Całość modelu warstw została uzupełniona o tzw. Warstwy techniczne, które są wymagane zgodnie ze specyfikacją programu Call FP7-ICT-2013-10 Objective ICT-2013.4.2. Należą do nich: oddziaływanie społeczne oraz polityczne. Każda z warstw oraz podwarstw zawiera identyfikowane obiekty wyodrębnione w procesie analitycznym za pośrednictwem przygotowanej platformy informatycznej. Odbyna się on poprzez wizualne modelowanie obiektów oraz ich powiązań. Proces identyfikacji oraz opisu wskazanych elementów SI został zdefiniowany w pracach autora (por. Dodatku 0.2). W pierwszej kolejności dokonuje się wyodrębnienia obiektów wewnątrz warstw (np. Hadoop i inne, zaczynając od produktów głównych) oraz wskazuje zależności między nimi. Równorzędnie następuje opis wskazanych obiektów oraz relacji wewnątrz jednej warstwy, np. poprzez identyfikację istotnych cech, właściwy opis pre-kryteriów oraz właściwych kryteriów (interakcyjnie, opis procedur wyceny pre i kryteriów zawarto w *Rozdziale piątym*), identyfikacja mechanizmów ewolucyjnych oraz substytucyjnych (relacje). Następnym krokiem jest identyfikacja relacji pomiędzy obiektami znajdującymi się na różnych warstwach (dopuszcza się tworzenie wirtualnych zespołów zadaniowych). Często relacje pomiędzy obiektami odwzorowują pewne cechy funkcjonalne, np. agregacja, kompozycja, koïncydencja (symbolizujących cechy użytkowe). Każdy z elementów wymaga każdorazowego dokładnego opisu.

Budowę diagramu roadmappingu dokonano poprzez:

- wyodrębnienie pięciu klas modelowanych obiektów, co w omawianym przykładzie prowadzi początkowo do analizy 11 grafów dwudzielnych,

- główne warstwy stanowią: metody TT, technologia, produkt, rynek, a badanie pozostałych związków strukturalnych pomiędzy warstwami prowadzi do rozszerzenia modelu o pozostałe warstwy kontekstowe,
- badanie zależności czasowych i kierunków (trendów) ich zmian, często przez analizę wiedzy wewnętrznej oraz zewnętrznej, np. badania ankietowe, rezultaty projektów foresight, badania bibliometryczne oraz patentowe, itd.

Opracowanie DRM stanowi, w tym przypadku, proces interaktywny fuzji wiedzy eksperckiej, przy wykorzystaniu różnych metod modelowania, np. burzy mózgów, metod ankietowych, pozyskania wiedzy zewnętrznej, np. projektów foresight, badań bibliometrycznych oraz patentowych. Proponowane w rozprawie rozwiązanie programowe dostarcza metod właściwego wspomaganie fuzji wiedzy poprzez zastosowanie narzędzi WEB 2.0. W tym względzie wykorzystuje się takie narzędzia, jak: workspace, forum skupione na zdefiniowanym problemie, itd. Rezultatem tej fazy jest utworzenie diagramu RM wraz z kompleksowym opisem.

Warto nadmienić, że w ramach procesu zdefiniowano następujące warstwy dostosowane do problemu sformułowanego w programie Call FP7-ICT-2013-10 Objective ICT-2013.4.2:

- Badania i Rozwój – modeluje ewolucje badań naukowych (następstwo czasowe kierunków rozwoju, ewolucja dziedzin badawczych związana, itd.),
- Licencjonowanie technologii – modeluje możliwość dostarczenia technologii przez podmioty obce w ramach umów użyczenia, licencjonowania lub wolnych patentów,
- Start-up – modelowanie obszaru pojawiania się nowych projektów technologicznych osiągalnych na poziomie TT,
- Techniki TT – modelowanie działań zmierzające do akwizycji i dyfuzji technologii przy wykorzystaniu narzędzi TT,
- Technologie – dostępność technologii (gotowość do wytworzenia) w wyniku realizacji procesów badawczych, zakupu licencji, zakupu kluczowych komponentów od zewnętrznych dostawców,
- Produkty – modelowanie możliwości wprowadzenia na rynek produktów lub ich substytucji,
- Modele użytkowania – modelowania funkcjonalne i użytkowe produktów,
- Rynki – modelowanie rynków oraz nisz możliwych do wystąpienia,
- Polityka – modelowania, oddziaływania sfery polityki na pozostałe warstwy,
- Czynniki społeczne – modelowanie dwubiegunowego oddziaływania czynników społecznych na pozostałe warstwy,
- Cele strategiczne – identyfikacja i ewolucja czynników rozwojowych, biznesowych oraz rynkowych, z punktu widzenia strategicznego istotnych dla danej organizacji.

Relacje między warstwowe definiują różny kontekst interakcji obiektów jednej warstwy z kolejnymi, np. produkt może być analizowany jako klastery kilku technologii (relacja agregacji) wraz z cechami użytkowymi oraz funkcjonalnymi (agregacja funkcjonalna). Relacje wyższych rzędów postrzegane są jako klastry relacji łączące obiekty z wielu warstw (wymuszone przez def. SZD). Identyfikacja klastrów funkcjonalno-parametrycznych (w pewnym dynamicznym kontekście) wraz z innymi unikatowymi cechami wpływającymi na ocenę strategiczną pewnego zespołu działań. Identyfikowane podsystemy, takie jak produkty mogą być wartościowane w kategoriach działań TT lub w innym kontekście, np. polityczno-społecznym. Pozytywne opracowanie i umiejscowienie produktu na rynku technologii Big Data staje się przedmiotem kompleksowego planu komercjalizacji technologii (dystrybucji) innym podmiotom. Zespół wszystkich cech obiektów, relacji oraz parametrów można efektywnie opisać z wykorzystaniem teorii SZD (rozdział 5) oraz HDFA odwzorowujących dynamikę systemów lub podsystemów, wraz z relacjami pomiędzy nimi. Właściwa identyfikacja procesów dynamicznych w funkcjonowaniu danego podmiotu stanowi podstawę prawidłowego opisu oraz efektywnego wykonywania algorytmów optymalnego sterowania procesem planowania strategicznego. W pozostałych metodach testowych proces zgodnie z metodologią RM przebiegał w podobny sposób.

Metody W2-W3 przewidują skodyfikowanie wiedzy w formie dyskretnych modeli sieciowo-grafowych w diagramu roadmappingowego (por. Rys. 6.39). Metoda W1 opracowana w rozprawie umożliwia wykorzystanie dyskretnego modelu dynamiki SZD do zapisu informacji o systemie

technologicznym i finalne jego zapisanie w bazie wiedzy. Wszystkie wskazane elementy należy w odpowiedni sposób kodyfikować na potrzeby zapisu w bazie wiedzy i współdzielić pomiędzy wszystkich zainteresowanych procesem decyzyjnym (*Rozdział piąty*). Użytkuje się narzędzia zarządzania wiedzą wyspecyfikowaną zgodnie z *Rozdziałem trzecim* i *Rozdziałem czwartym*. Prawidłowy opis obiektów oraz relacji wymaga również właściwej identyfikacji opcji rzeczywistych (*Rozdział piąty* i Dodatku 0.1). Prawidłowa implementacja tej fazy procesu pozwoli na przetestowanie hipotezy HS_II oraz HS_III. Szczegółowe zestawienie metod SWD używanych podczas tej fazy procesu zawarto w Tab. 6.8.

Faza III: Budowa strategii i planu operacyjnego (obszar właściwego wspomaganie decyzji)

Prawidłowo zakończona faza budowy modelu (dyskutowana i zatwierdzona jakościowo) pozwala na otrzymanie prawidłowego opisu podmiotu z wykorzystaniem narzędzi webowych (efekt poprzednie fazy, analityka Rys. 6.38, diagram Rys. 6.39). Diagram ten stanowi podstawę do rozpoczęcia analityki procesu poprzez właściwe zastosowanie algorytmów wspomaganie decyzji opracowanych w *Rozdziale piątym*. Użytkowanie na tej podbudowie proponowanego narzędzia informatycznego pozwala na właściwą analitykę zagadnienia decyzyjnego i opracowanie wynikowych planów. Efekt ten powinien zostać również poddany wnikliwej analizie eksperckiej i zatwierdzeniu.

W omawianym badaniu, proces prowadzi początkowo do kompleksowej analizy obiektów znajdujących się na 12 warstwach głównych oraz badania pozostałych związków strukturalnych pomiędzy warstwami, badania zależności czasowych i kierunków (trendów) oraz ich zmian. Użyteczna, w tym względnie, jest zaproponowana w *Rozdziale piątym* metoda wielokryterialnego optymalnego sterowania. Rezultatem funkcjonowania metody jest diagram Rys. 6.39 prezentujący propozycję planu strategicznego oraz plan wdrożenia metod transferu technologii w działalność operacyjną podmiotu. Przed zatwierdzeniem planu przez wszystkich zainteresowanych, proponowane rozwiązanie jest dyskutowane wśród wszystkich stron oraz poddawane analizie wrażliwości celem wychwycenia potencjalnych błędów. Rezultat dystrybuowany do decydenta stanowi diagram roadmappingowy z dokładnie wyrysowanymi obiektami na osi czasu dla problemu PP_2. Często diagram można utożsamiać z wykresem Gantta przyjmujący formę harmonogramu implementacji zdefiniowanych akcji. Dodatkowo aplikacja zawiera narzędzia analityczne pozwalające na wizualną analizę wszystkich zależności obecnych na diagramie, co daje możliwość dogłębnej analizy wszystkich zależności w modelu. Prawidłowa implementacja tej fazy procesu pozwoli na przetestowanie hipotezy HS_IV-HS_V. Szczegółowe zestawienie metod SWD używanych podczas tej fazy procesu zawarto w Tab. 6.8.

Faza IV: Działania uzupełniające.

Działania uzupełniające mają za zadanie utworzyć harmonogram konserwacji rezultatów utworzonych w czasie pracy systemu (uwzględnia się charakter spiralny procesu RM AADTP). Wsparcie tego procesu przez aplikacje systemu informatycznego umożliwia ustawiczne monitorowanie planu wdrożenia oraz ewentualnie jego modyfikacje, zgodnie z opracowanymi dobrymi praktykami (czwarty, Dodatku 0.2). Wszystkie wymienione aktywności mają na celu zachowanie aktualności utworzonej strategii w zdefiniowanych horyzoncie czasowym. Działania, w tym kontekście, sprowadzają się głównie do monitorowania otoczenia i podmiotu oraz wymuszają opracowanie harmonogramu aktualizacji modelu. Efektem procesu jest okresowa modyfikacja strategii, a także planu operacyjnego. Użytkuje się więc narzędzia typu: workspace, workflow, itp., które są zbieżne mechanizmami organizacji procesu zawartym na Rys. 4.6 oraz Dodatku 0.2. Szczegółowe zestawienie metod SWD używanych podczas tej fazy procesu zawarto w Tab. 6.8.

6.4.2 Rozwiązanie problemu decyzyjnego z wykorzystaniem zaprojektowanej architektury systemu informatycznego

W *Rozdziale czwartym* zaproponowano koncepcje dostarczenia decydentowi uniwersalnej architektury SWD, który można wdrożyć dla problemów wspomagania decyzji w transferze technologii. Celem właściwej weryfikacji zdefiniowanej koncepcji dokonano jego implementacji zgodnie z określoną uprzednio specyfikacją systemu informatycznego (wariant W1). Architektura systemu informatycznego przewiduje podział na funkcjonalne moduły tworzące, tzw. model warstwowy SWD (rozdział czwarty). Interakcje poszczególnych elementów zobrazowano na Rys. 4.1 i Rys. 4.2. Można nadmienić, że podmioty implementujące wskazane środowisko SWD mogą dokonać indywidualnego doboru modułów aplikacji, jakie chcą wykorzystać do rozwiązania własnego problemu decyzyjnego. Pewne elementy proponowanej architektury są bezwzględnie wymagane do prawidłowego funkcjonowania oprogramowania. Należą do nich: warstwa analityczna równorzędnie z warstwą modelowania. Pozostałe, wyszczególnione na diagramie warstwy, mają charakter opcjonalny i realizują wsparcie procesu budowy modelu oraz procesu analitycznego, na podstawie zgromadzonej uprzednio informacji oraz wiedzy.

Elastyczność proponowanej architektury pozwala na możliwość rekonfiguracji systemu zależnie od aktualnego zapotrzebowania decyzyjnego. Wybrane warstwy w modelu warstwowym systemu mogą mieć implementowane w czasie dodatkowe metody przetwarzania informacyjnego. Te nowe metody realizują wzrost zapotrzebowania informacyjnego całego systemu. Możliwość dowolnego doboru metod i ich priorytetyzowania stanowi wyznacznik hybrydowej architektury systemu (zgodnie z modelem systemu, *Rozdział czwarty*). Przykład użytkowania różnych wzorców SWD w całym cyklu przeprowadzenia testu przedstawiono w Tab. 6.8. Dodatkowo przyjęte podejście pozwala na realizację procesu wspomagania decyzji zgodnie z opracowanymi procedurami oraz innymi wewnętrznymi wytycznymi (np. normy ISO czy ITIL; w *Rozdziale trzecim* i w *Rozdziale czwartym* rozszerzono tę kwestię). Wraz z aplikacją dostarczono dodatkowe mechanizmy pozwalające na edycję istniejących procedur oraz norm, a także na tworzenie nowych schematów zarządzania procesem (tzw. *Workflow*). Dodatkowo najbardziej efektywnym rozwiązaniem implementacji decyzyjnych jest skorzystanie z koncepcji występujących w systemach typu *MIDS* oraz *EIS*, tj. budowa zintegrowanego portalu zarządzania procesem decyzyjnym dostosowanego do umiejscowienia danego aktora w procesie informacyjnym. Budowa portalu korporacyjnego zaimplementowanego w technologii Microsoft Sharepoint, pozwala na realizację wszystkich założeń użytkowych oraz konstrukcyjnych. Zasadą nadrzędną wykorzystaną podczas implementacji stało się dostarczenie wymaganych treści bezpośrednio użytkownikowi, tworząc tzw. indywidualne widoki procesowe (*ang. individual process view, skrót IPV*). Proces jest realizowany w systemie zgodnie z kolejnością faz RM przedstawioną w poprzednim punkcie.

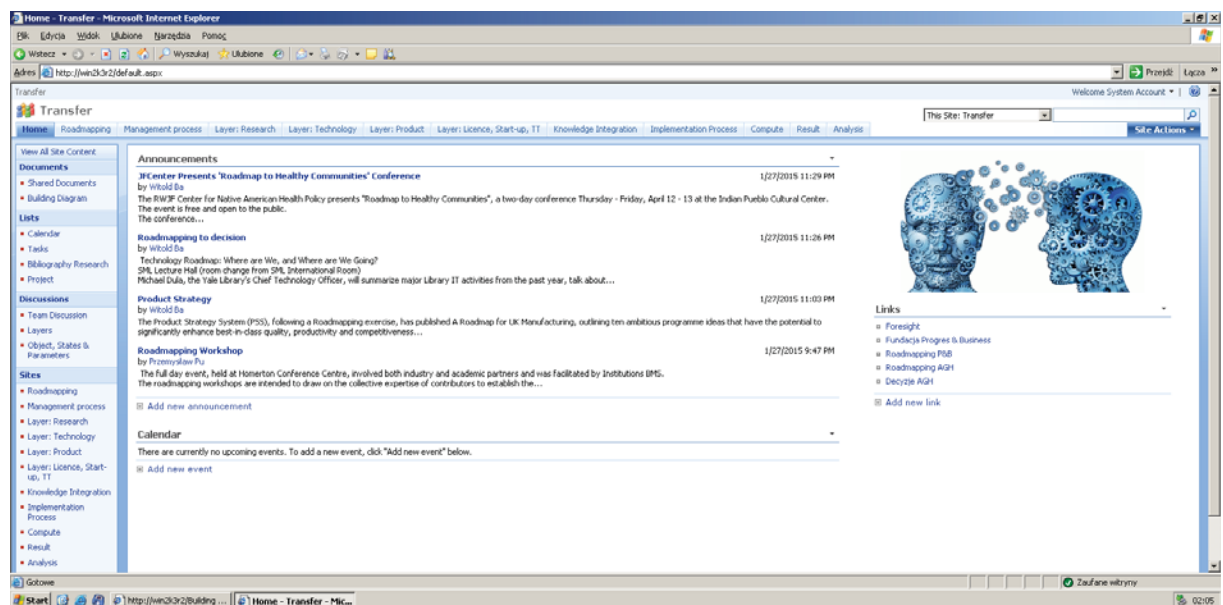
Tab. 6.8 Użytkowane wzorce SWD dla różnych metod scenariusza testowego PP_II.

Zadanie	Nazwa Grupy	Zakres operacyjny	Wzorzec SWD		
			Scenariusz	Metoda	Specyfikacja
1.	Gr_1_x	Zarządzanie nadzór procesem	Wariant 1	communication-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, poczta e-mail, zarządzanie procesem (workflow)
			Wariant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Wariant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
2.	Gr_2_x	Panel: Warstwa Badania	Wariant 1	communication-based, model-based, data-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, przetwarzanie danych celem ekstrakcji trendów i scenariuszy cząstkowych

			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
3.	Gr_3_x	Panel: Warstwa Technologie	Variant 1	communication-based, model-based, data-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, przetwarzanie danych celem ekstrakcji trendów i scenariuszy cząstkowych
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
4.	Gr_4_x	Panel: Warstwa Produkty	Variant 1	communication-based, model-based, data-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, przetwarzanie danych celem ekstrakcji trendów i scenariuszy cząstkowych
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
5.	Gr_5_x	Panel: Warstwa Rynki	Variant 1	communication-based, model-based, data-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, przetwarzanie danych celem ekstrakcji trendów i scenariuszy cząstkowych
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
6.	Gr_1-5_x	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie I	Variant 1	communication-based, model-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, przetwarzanie danych celem ekstrakcji trendów i scenariuszy cząstkowych
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
7.	Gr_1-5_x	Panel: Integracja wiedzy oraz modelowanie II	Variant 1	communication-based, model-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, algorytm analityczny
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
8.	Gr_1-5_x	Panel: Podejmowanie decyzji	Variant 1	communication-based, model-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie, algorytm analityczny
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej

			Variant 3	communication-based, model-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej, algorytm analityczny
9.	Gr_1-5_x	Wdrożenie procesu	Variant 1	communication-based, model-based, knowledge-based	metody ułatwiających komunikację oparte o Sharepoint, zarządzanie procesem (workflow), poczta e-mail, forum tematyczne, Skype, rekomendery modelu, wizualne modelowanie
			Variant 2	communication-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej
			Variant 3	communication-based, model-based	klasyczne techniki komunikacji elektronicznej, algorytm analityczny

Źródło: Opracowanie własne.

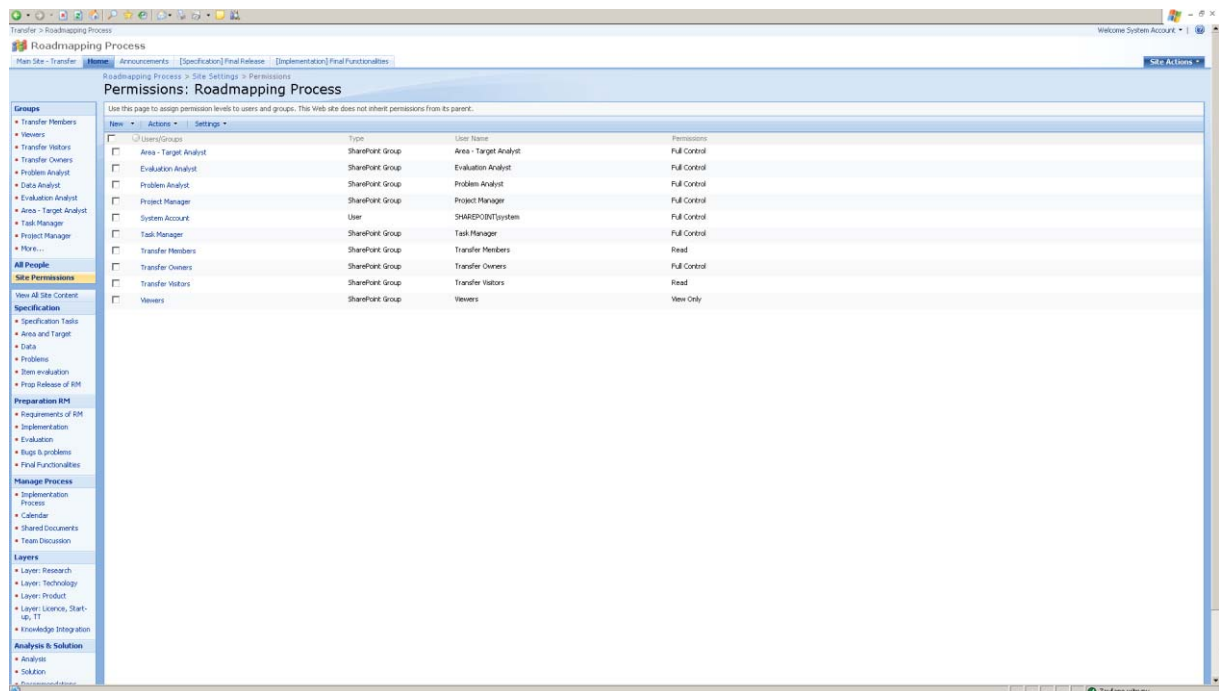


Rys. 6.13 Ekran Powitalny.

Źródło: Opracowanie własne.

Ekran główny systemu stanowi zintegrowany pulpit zarządzania procesem decyzyjnym, który może być indywidualizowany dla każdej grupy użytkowników, w zgodzie z przydzielonymi mu uprawnieniami lub funkcjami w systemie informacyjnym. Przykład ekranu powitalnego został przedstawiony na Rys. 6.13. Strona ta integruje w jednym miejscu odpowiednie odnośniki umożliwiające dostęp do innych zasobów.

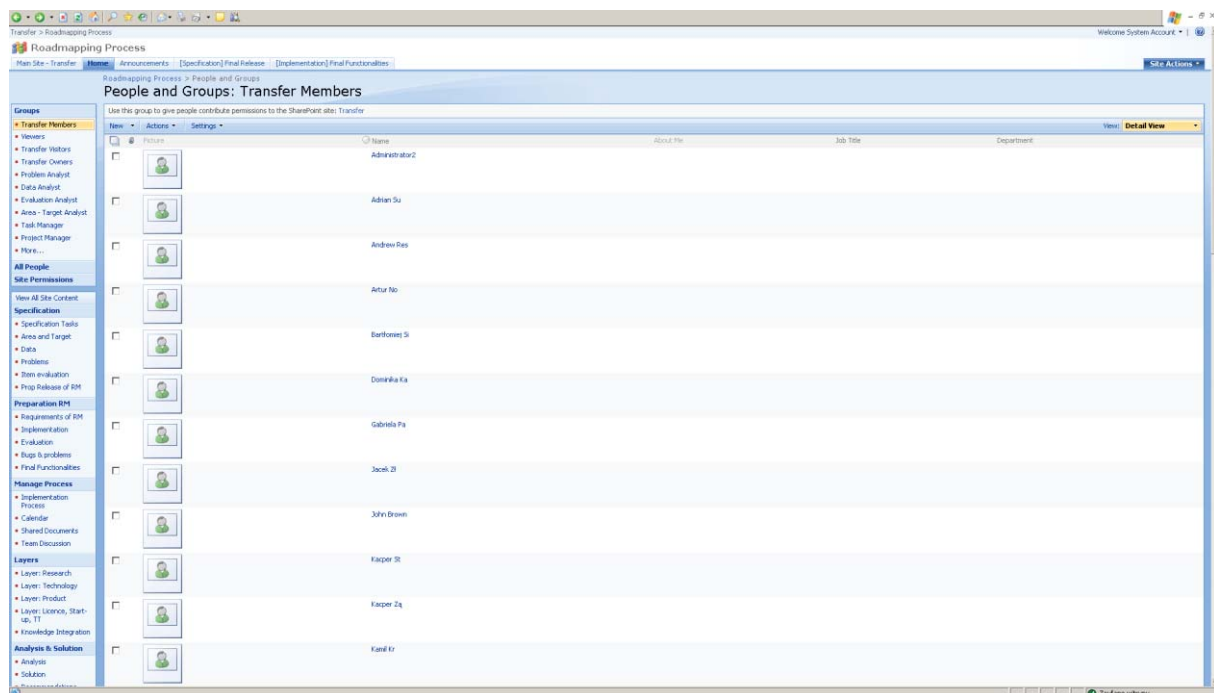
Zakres treści na stronie jest definiowany zgodnie ze schematem narzuconym przez administratora, który może być dobierany indywidualnie zgodnie z zadaniami oraz jego rolą w procesie podejmowania decyzji (Faza I-IV np. ekspert, decydent, gość, itp.). Celem realizacji wskazanej funkcji zaimplementowano bogaty aparat przyznawania uprawnień na portalu SWD. Przykładowo na rysunku Rys. 6.14 przedstawiono wielopoziomowy aparat przyznawania uprawnień do procesów w systemie decyzyjnym.



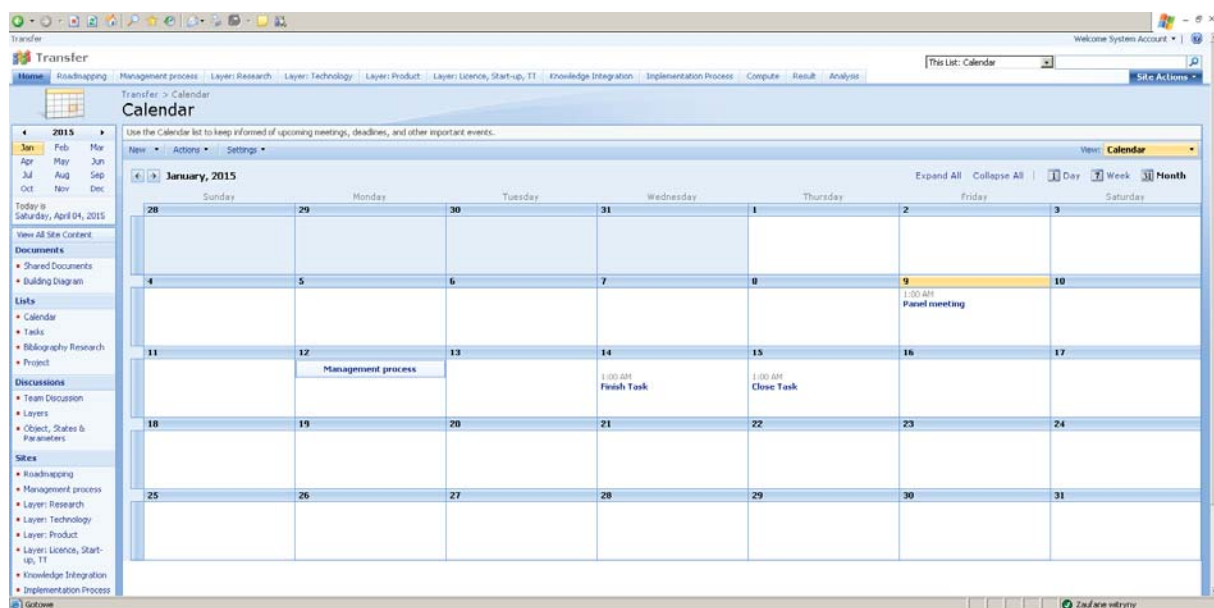
Rys. 6.14 Definicja wielopoziomowych uprawnień użytkowników i grup.
Źródło: Opracowanie własne.

Dostęp do zasobów jest autoryzowany na poziomie *usług katalogowych* (*Active Directory*, skrót *AD*) przez potwierdzenie uprawnień za pomocą logowania na konto użytkownika lub na poziomie certyfikatów SSL połączonych z kontem. Ponadto administratorom dostarczono szereg narzędzi pozwalających użytkownikom oraz ich grupom na dowolne kształtowanie polityk dostępu do zasobów. Proces decyzyjny wymusza konieczność swobodnego kształtowania uprawnień do zasobów, metod i procesów stosownie do modelu decyzyjnego w danej organizacji. Przykładowe formatki pozwalające na generowanie uprawnień do zasobów przedstawiono na Rys. 6.14 oraz Rys. 6.15.

Realizacja fazy II i III w systemie informatycznym wymaga zaangażowania szeregu metod specyficznych dla różnej klasy SWD (HS_IV). Dobór udostępnionych i użytkowanych metod zależy od zapotrzebowania konsumenta (zespołów zadaniowych) na dostęp do konkretnych zasobów informacyjnych. Oznacza to możliwość dynamicznej rekonfiguracji architektury systemu o dodatkowe lub uruchomienie zaimplementowanych już metod. Opierając sposób funkcjonowania systemu o przedstawiony profil działania otrzymuje się tzw. hybrydowy SWD (HS_IV). Podstawowe klasy metod udostępnionych w systemie informatycznym należą do kategorii: model-driven (metoda zdefiniowana w *Rozdziale piątym*), knowledge-based (*Rozdział czwarty*, *Rozdział piąty*), data-driven (metody akwizycji informacji, *Rozdział czwarty*), communication-based (*Rozdział czwarty*). Element kooperacji w metodach roadmappingu inicjujących wiele procesów stanowią wzorce systemów communication-based s bazujące na rozwiązaniach Web 2.0.

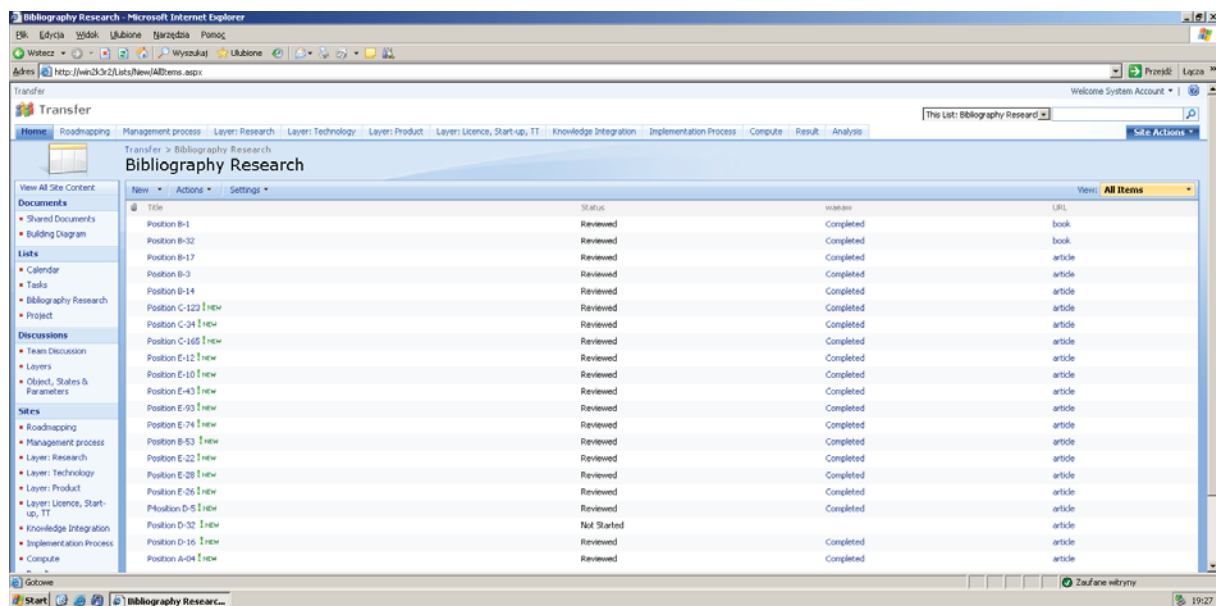


Rys. 6.15 Zarządzanie użytkownikami i grupami wraz z przydziałem uprawnień.
Źródło: Opracowanie własne.



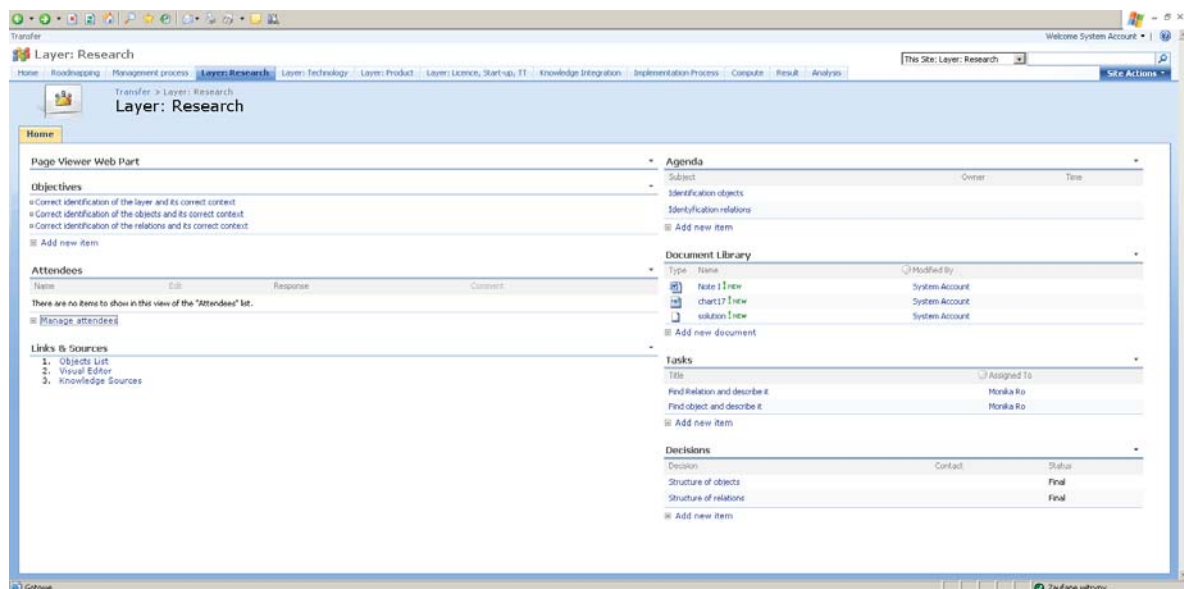
Rys. 6.16 Planowanie i nadzorowanie procesu RM z poziomu użytkownika.
Źródło: Opracowanie własne.

Ten wzorzec bazuje głównie na elementach pracy grupowej, np. *informator and announcement point* (skrót, IAP), różnego typu forum wymiany informacji (z reguły skupione na pewnym temacie), kalendarz z terminami użytkownika (Rys. 6.16), listy dedykowane publikacji zasobów (Rys. 6.17), dynamiczne strony zadaniowe dedykowane współpracy zespołów na potrzeby decyzyjne (Rys. 6.18). Implementacja dedykowanych tzw. Workspace pozwala na tworzenie obszarów fokusowych na wybranym temacie analitycznym. W tym przypadku określonym procesom modelowania struktury warstw identyfikowanych na MD, Faza II. Podobna architektura zadań jest użytkowana w Fazie III (HS_IV) do analizy wspartej procesem wspomagania decyzji (HS_V).



Rys. 6.17 Jedna z dedykowanych list współdzieleniu wiedzy (analiza bibliometryczna).
Źródło: Opracowanie własne.

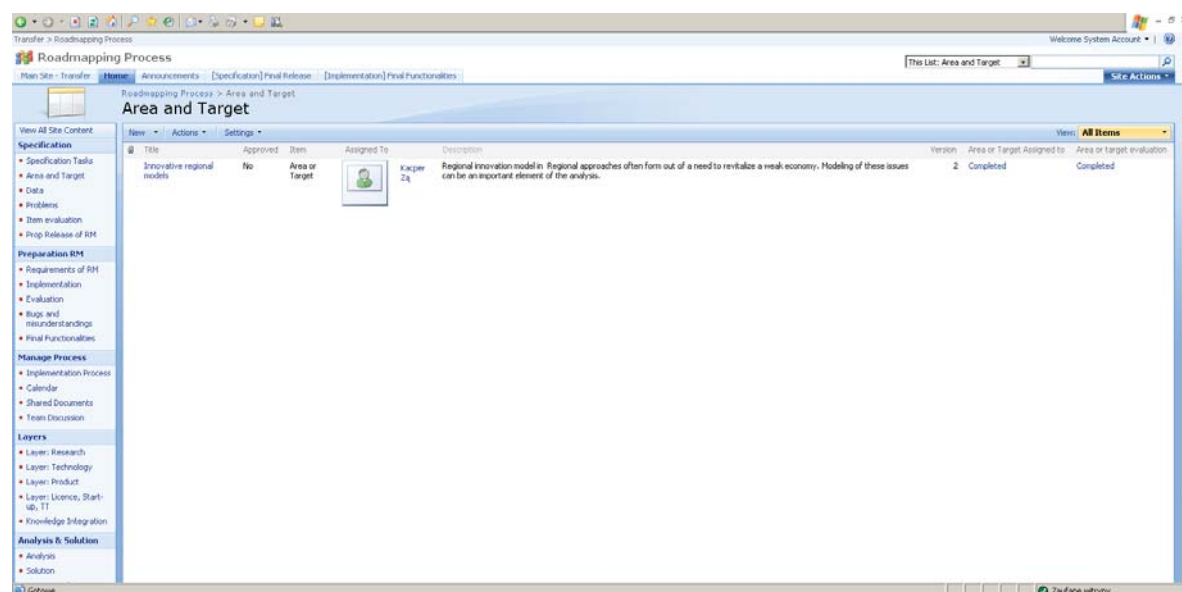
Udostępniono wachlarz dodatkowych narzędzi wspomagających aspekt pracy grupowej, np. harmonogramowanie i planowanie procesu (Rys. 6.16), który pozwala na bezpośrednie zarządzanie aktywnością użytkownika oraz innych osób w zespole. Proces roadmappingowy jest nadzorowany procesowo podobnie, jak się to ma w przypadku zarządzania projektem. Struktura ekranu powitalnego, zaraz po zalogowaniu, wyświetla zadania przydzielone danemu użytkownikowi w ramach aktywności zespołu bądź indywidualnie. Stworzony w ten sposób mechanizm pracy usprawnia proces decyzyjny, pozwalając na bezpośredni nadzór nad każdym elementem procesu zgodnie z opracowanymi procedurami.



Rys. 6.18 Workspace Warstwa Badania- integracja działań grup zadaniowych skupiona wokół jednego zakresu roboczego.
Źródło: Opracowanie własne.

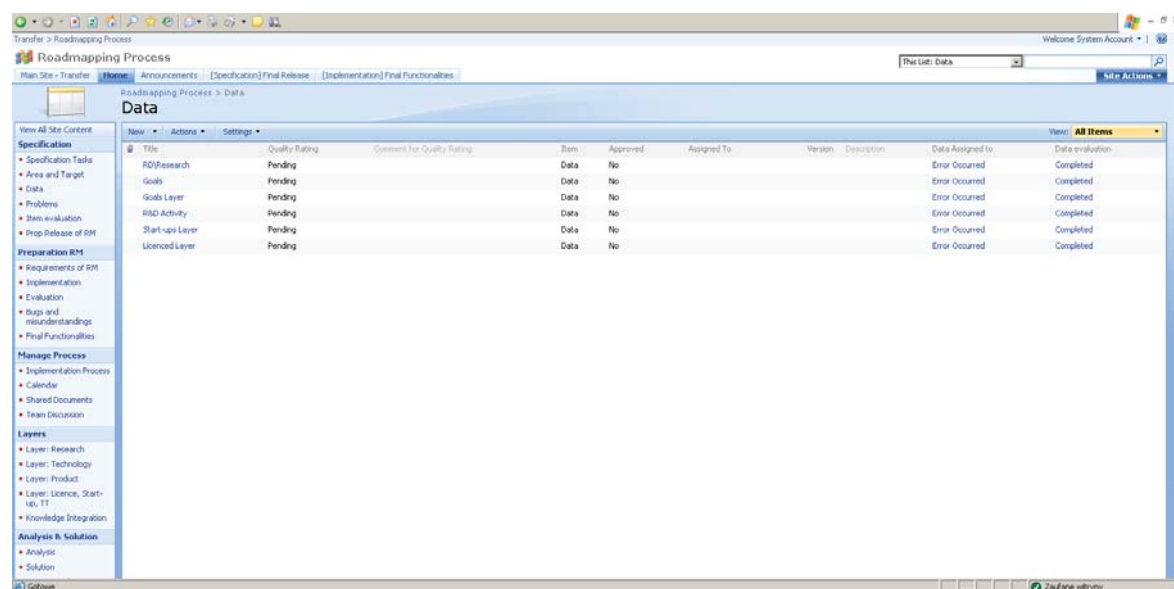
Realizacja zadań procesu wspomagania decyzji jest zgodna z diagramem zawartym na Rys. 4.7-Rys. 4.11, wymaga użytkownika hybrydowego SWD (HS_IV). Potencjalnemu użytkownikowi udostępniono narzędzia pracy na trzech zasadniczych płaszczyznach: pracy grupowej (workspace), warstwy procesowej (workflow) oraz warstwy modelowania (interaktywna budowa diagramów RM, opis parametrów, definicja kryteriów, itd.). Model communication-based musi być

wsparty przez algorytm wspomaganie decyzji oparty na metodach optymalnego sterowania. Zgodnie ze schematem podejmowania decyzji zdefiniowanym w *Rozdziale czwartym* (por. Rys. 4.6), proces podzielono na kilka części funkcjonalnych (zgodnie z Dodatku 0.2): zadania przygotowawcze (1), modelowanie zagadnienia problemowego (2), analiza oraz przygotowanie rekomendacji dla decydentów (3), planowanie wdrożenia oraz działań uzupełniających (4). Aplikacja wspiera każdy z powyżej wymienionych aspektów procesowych dostarczając odpowiednich metod logistycznych do ich obsługi wraz z możliwością elastycznego dostosowania komponentów systemu do wdrożenia w każdym podmiocie implementującym SWD w TT w przyszłości.



Rys. 6.19 Proces specyfikacji potencjalnych obszarów i celów analizy.

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.20 Proces specyfikacji potencjalnych źródeł informacji (identyfikacja).

Źródło: Opracowanie własne.

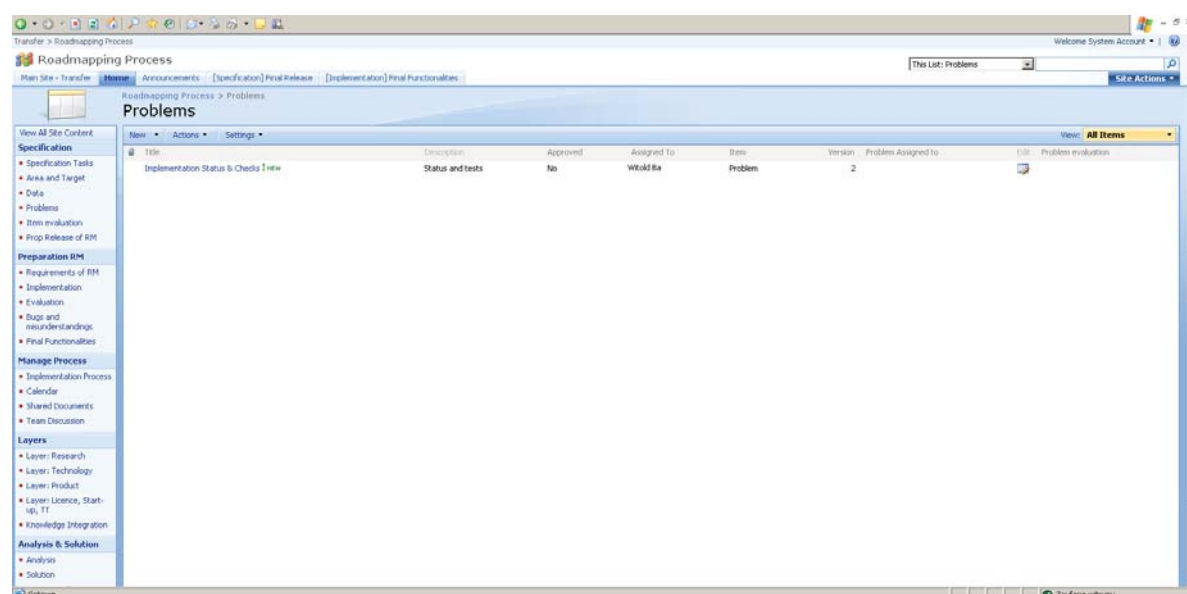
Aspekt procesowy (1) został zrealizowany z wykorzystaniem, tzw. przestrzeni współpracy (workspace) widocznych na Rys. 6.18, gdzie możliwe jest zdefiniowanie obszaru interakcji zespołu (w tym przypadku nadzorującego proces decyzyjny). Workspace, w tym przypadku, umożliwia zdefiniowanie podstawowych celów danej czynności procesowej, budowę odpowiednich repozytoriów dokumentów i wiedzy oraz pozwala na jasną definicję decyzji, tj. zaplanowanie procesu decyzyjnego, oddelegowanie zadań oraz uprawnień. Aspekt procesowy (2) modelowanie zagadnienia

problemowego w aplikacji podzielono na dwie zasadnicze fazy: zdefiniowanie /wstępna specyfikacja problemu (2-I) oraz właściwe modelowanie zagadnienia problemowego zgodnie z przygotowaną w uprzednim kroku specyfikacją (2-II). Obydwa zadania opierają się na użytkowaniu metod nadzoru procesu zgodnych z opracowanymi procedurami, tzw. przepływ pracy. Bezpośrednio one implementują zadania zgodne z metodą roadmappingu technologicznego (Rozdział 2-4, Dodatku 0.2). Każdy z workflow zapewnia również realizację zadań synchronizacji działań i wspomaga proces komunikacji pomiędzy użytkownikami za pomocą poczty email, przydziału i kontroli wykonywania szczegółowych zadań (przekazywanie/ informowanie o stanie zadań), itd.

W przypadku zadania specyfikacji (2-I), na wstępie zostają sprecyzowane takie elementy, jak:

- obszary oraz cele modelowania – określenie głównych celów, potrzeb oraz wymagań docelowych (zdefiniowanie kompetencji procesu),
- dane – zdefiniowanie potencjalnych źródeł danych, informacji oraz wiedzy (ocena i hierarchizacja źródeł),
- problemy – dekompozycja problemu głównego na problemy elementarne, wraz z określeniem sposobu ich rozwiązania (budowa struktury oraz jej dekompozycja).

Przykładowe formatki realizujące funkcje procesowe dekompozycji zagadnienia problemowego w transferze technologii przedstawiono odpowiednio na Rys. 6.20-Rys. 6.25.



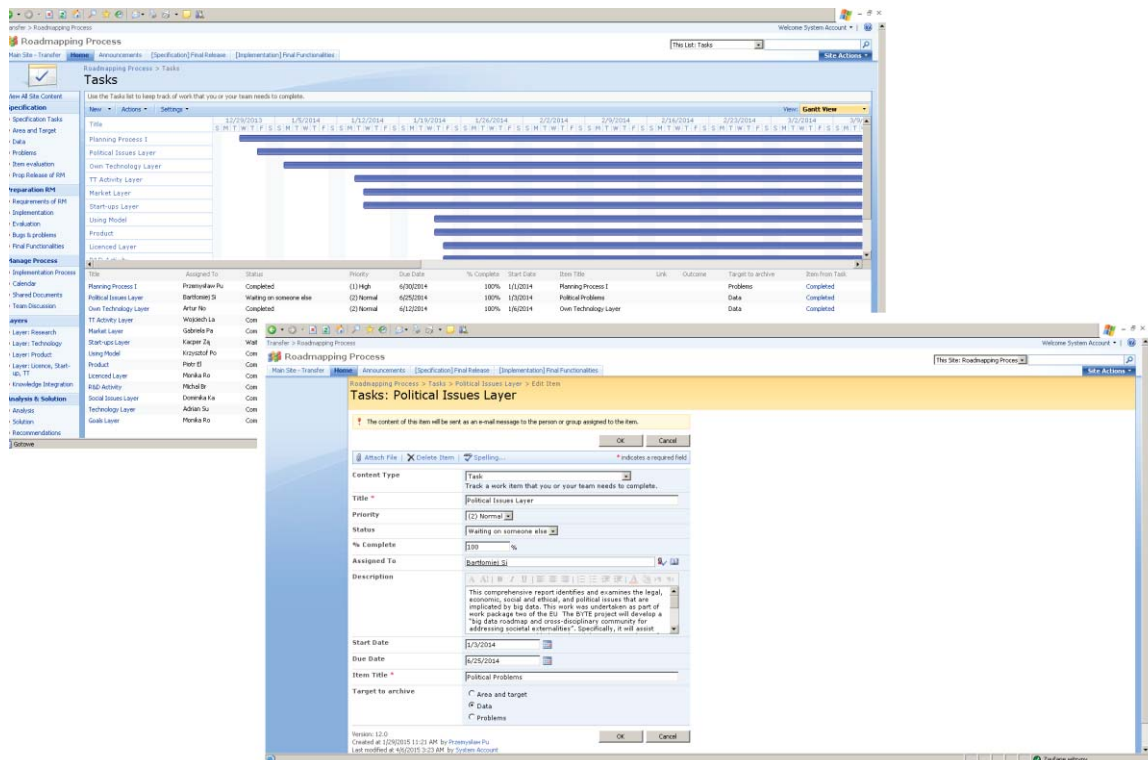
Rys. 6.21 Proces specyfikacji potencjalnych problemów związanych z tematem analizy (jeśli jest zatwierdzony, wówczas podlega ocenie).

Źródło: Opracowanie własne.

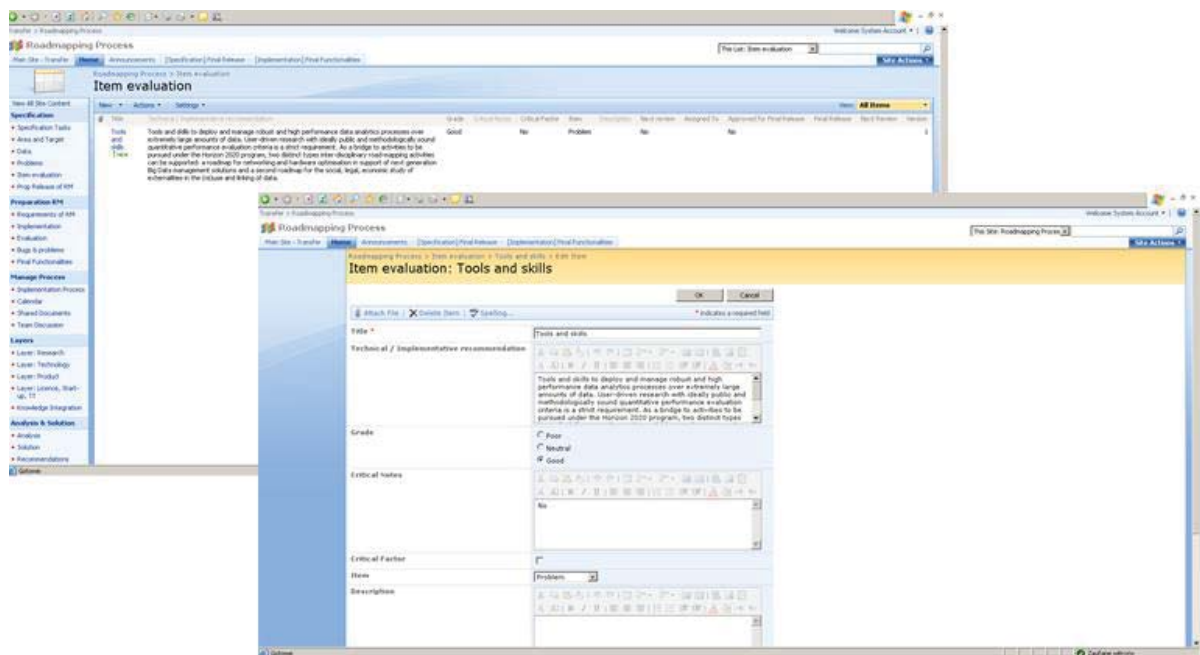
Powyższe pierwotne zadania problemowe na kolejnym etapie workflow są dekomponowane lub agregowane w funkcjonalne zadania elementarne. Proces ten został przedstawiony na Rys. 6.21.

Zadania elementarne przechodzą następnie przez proces weryfikacji i odpowiednie zespoły zadaniowe, co zostało zobrażowane na Rys. 6.22. W przypadku, gdy powstają pewne niejasności odnośnie zadania (np. brak spójności), zostaje ono ponownie skierowanie do prac merytorycznych lub odrzucone.

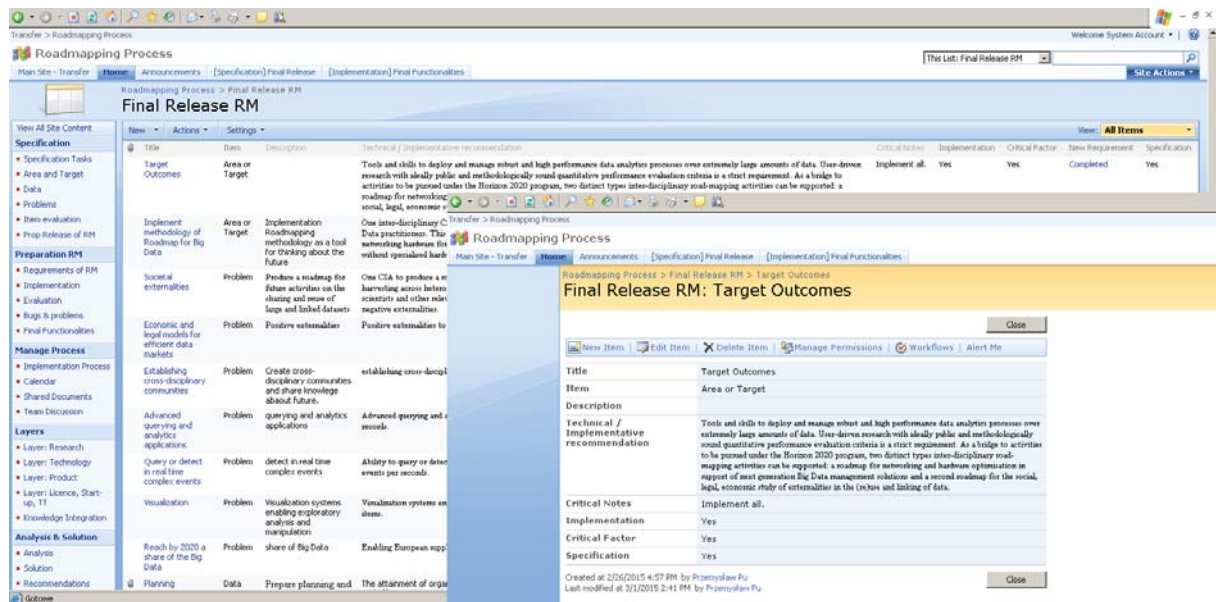
Zadania, które przejdą poprawną weryfikację tworzą, tzw. sztywną specyfikację procesu AATDP, co zostało przedstawione na Rys. 6.23. Specyfikacja staje się podstawą roboczą na etapie właściwego modelowania zagadnienia problemowego, co zostaje przekazane do fazy implementacji (2-II). Na tym etapie możliwe jest właściwe rozdzielenie zadań w grupach zadaniowych oraz wyłonienie liderów zadań, z reguły dla zbioru zadań (np. modelowanie warstw, itd.).



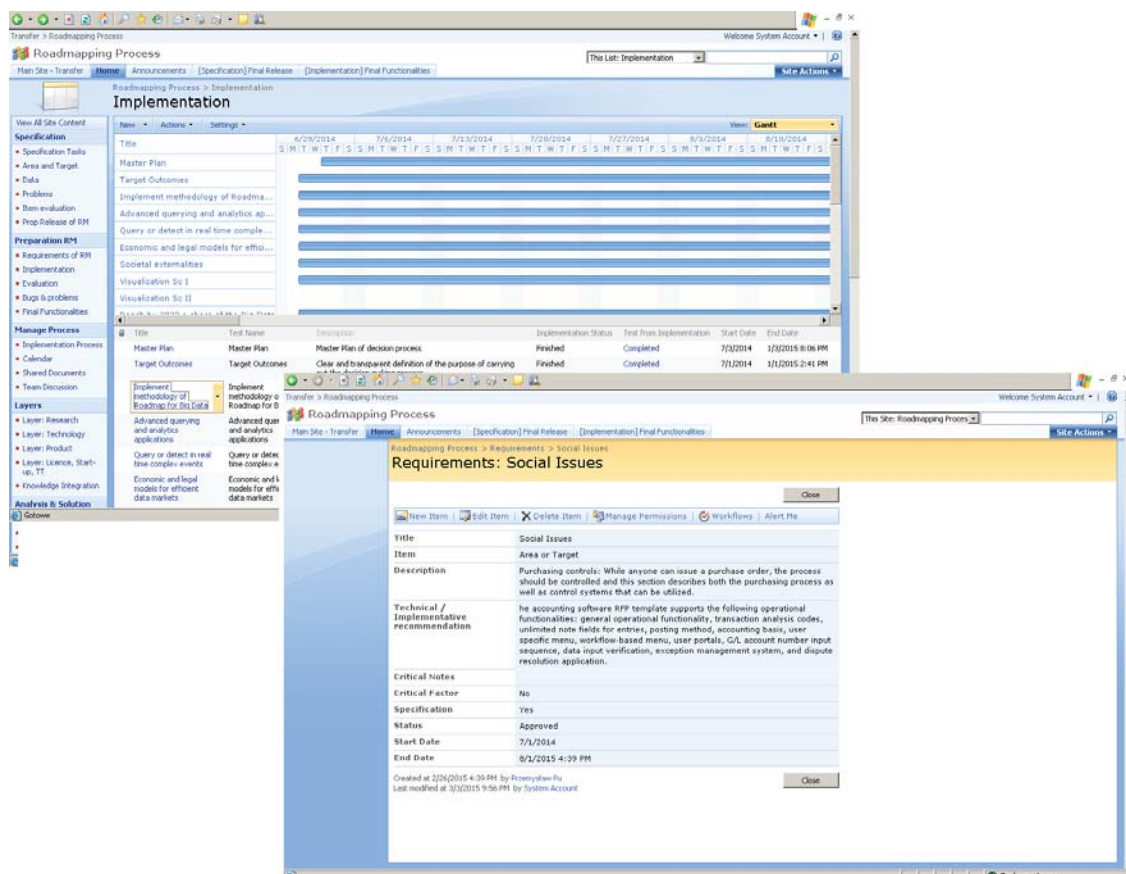
Rys. 6.22 Definicja zadań jednostkowych na etapie specyfikacji (ilustracja wykres Gantta).
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.23 Ewaluacja zadań specyfikacji.
Źródło: Opracowanie własne.



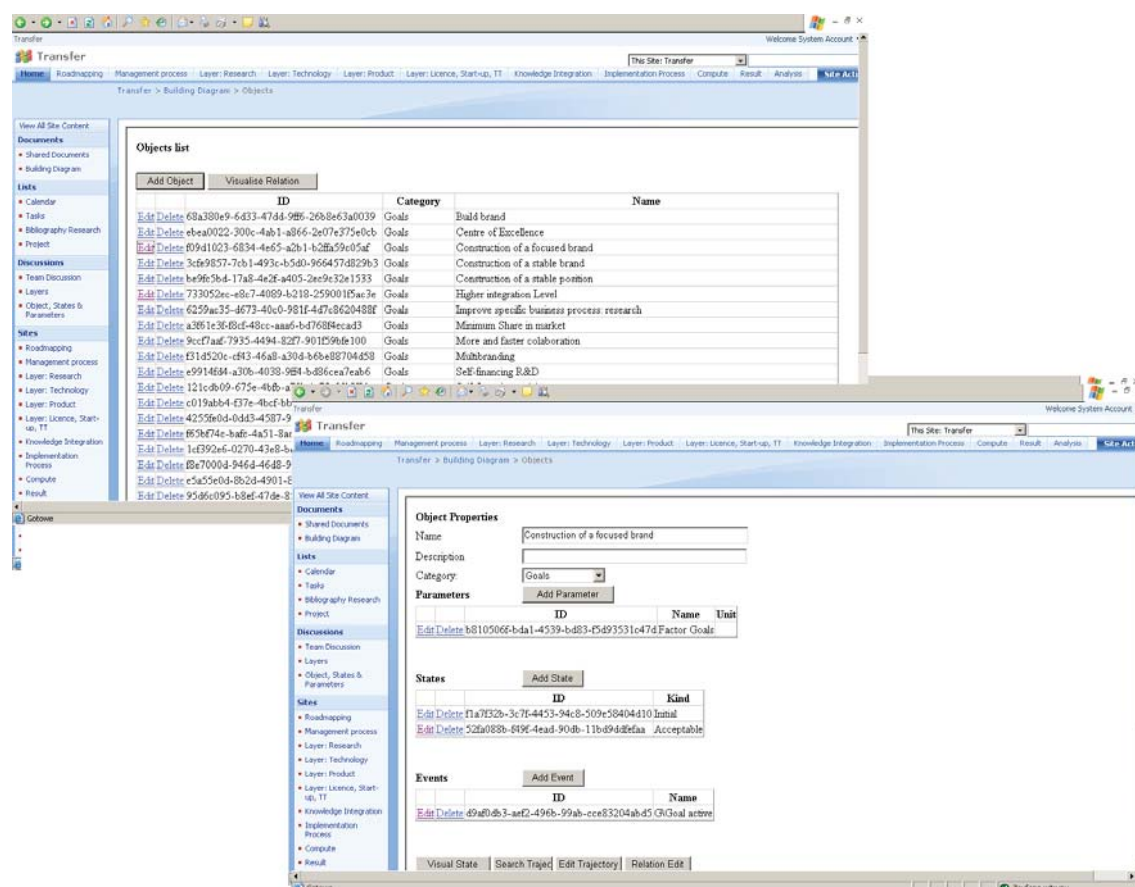
Rys. 6.24 Utworzenie specyfikacji RM.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.25 Definicja zadań elementarnych dla procesów implementacji.
Źródło: Opracowanie własne.

Drugi etap modelowania (2-II) zakłada przeprowadzenie właściwej fuzji wiedzy bazując na różnych źródłach danych, informacji i wiedzy. Powyższe elementy determinowane przez model warstwowy są pozyskiwane na poziomie warstwy zarządzania oraz akwizycji wiedzy (HS_II-HS_III). Proces zarządzania wiedzą na potrzeby systemu decyzyjnego jest zgodny z podstawą zapisu modeli SZD i teorią hiperautomatów zawartą w *Rozdziale piątym*. Proces akwizycji wiedzy od strony technicznej został omówiony w rozdziale czwartym. Działanie algorytmu RM

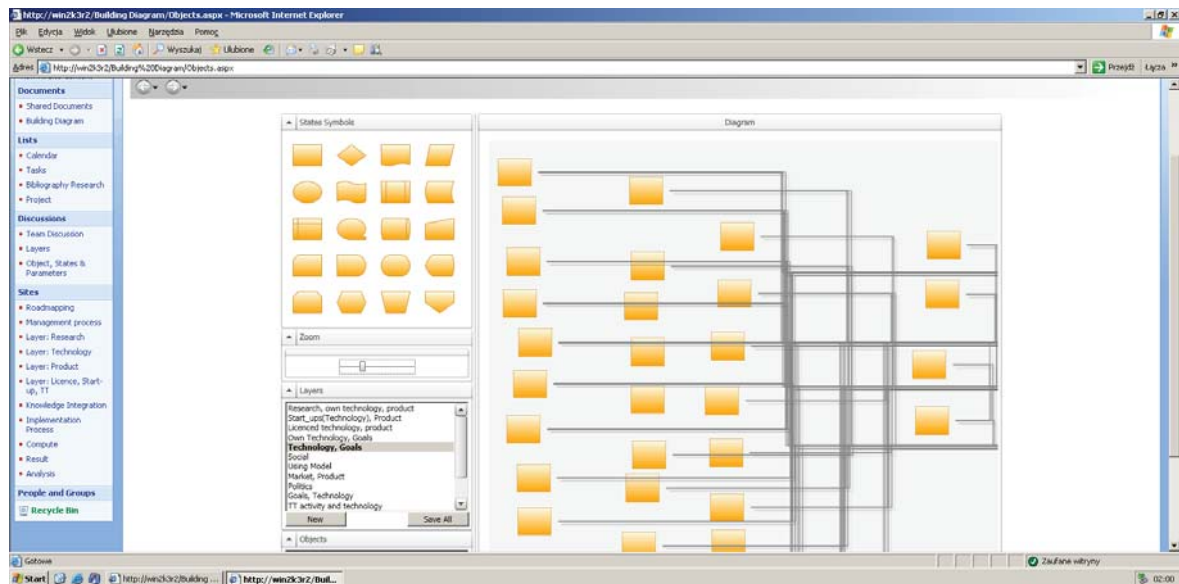
opracowanego w rozprawie na tym etapie rozpoczyna się od przydzielenia grupom roboczym zadań zgodnych z wypracowaną specyfikacją zagadnienia problemowego (Rys. 6.24). Przykładowy zrzut ekranowy formatki zarządzania wstępnego procesu modelowania zawarto na Rys. 6.25. Właściwy proces modelowania zawsze jest przeprowadzony zgodnie z otrzymaną główną specyfikacją procesu AADTP. Następnie każde zdanie jednostkowe budowy wizji pewnego fragmentu problemu jest modelowane w określonym uprzednio zakresie (interakcyjna konstrukcja diagramu RM modelującego badane zjawisko). Na tym etapie, praca rozpoczyna się od zdefiniowania szczegółowych zadań elementarnych modelowania, z wyszczególnieniem ich zakresu (Rys. 6.25). Użytkownicy wykorzystują mechanizm aplikacji typu workflow pozwalający na zarządzanie nad zadaniami zgodnie z opracowanymi procedurami (od części modelowania przez weryfikacje oraz zatwierdzenie poszczególnych części składowych modelu).



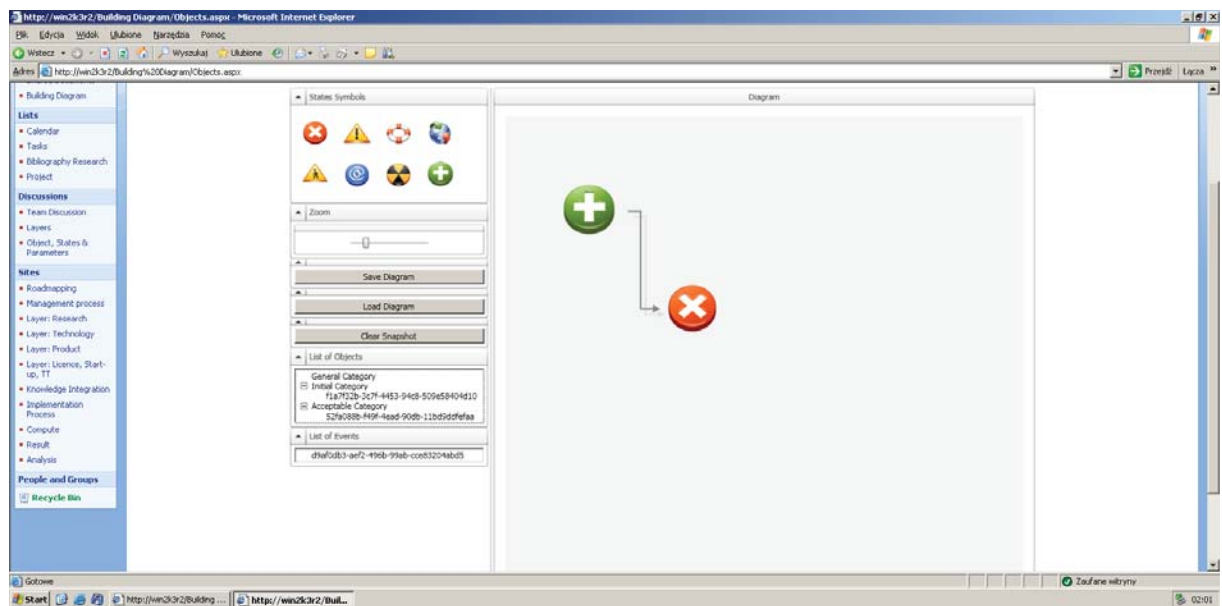
Rys. 6.26 Przykładowa edycja obiektów identyfikowanych w modelu.

Źródło: Opracowanie własne.

Każde zadanie elementarne modelowania jest wersjonowane, a finalnie przechodzi proces weryfikacji przez zespoły. Ze względu na złożoność diagramu, bloki funkcjonalne modelu są tworzone niezależnie, zgodnie przesłankami zawartymi w Dodatku 0.2, zadania 2 oraz 4. Model warstwowy interakcji obiektów budowany jest głównie w oparciu o mechanizmy wizualizacji trendów i scenariuszy obiektów (często wraz z mechanizmami foresight). Następnie elementy te są w procesie fuzji wiedzy z różnych źródeł scalane przez zespoły zadaniowe ekspertów i odpowiednio opisywane, np. przez dodanie opisu prekryteriów oraz kryteriów. Celem podniesienia efektywności modelowania obiektów i relacji przez ekspertów, sugeruje się delegowanie zespołom zadaniowym dedykowanych stron roboczych, tzw. Workspace (przykład Rys. 6.18). Przykładowe elementy procesu wizualizacji modelu w kontekście identyfikacji obiektów oraz relacji przedstawiono na Rys. 6.27-Rys. 6.29. Użytkownik posiada dostęp do narzędzi, które pozwalają mu na generowanie kolejnych abstrakcji pojęć przy zastosowaniu narzędzi budowy dedykowanych widoków analitycznych (ang. *focused problem view*, skrót FPV). W tym miejscu następuje użytkowanie metod hybrydowych realizujących HS_IV.



Rys. 6.27 Edytor relacji kauzalnych pomiędzy obiektami.
Źródło: Opracowanie własne.

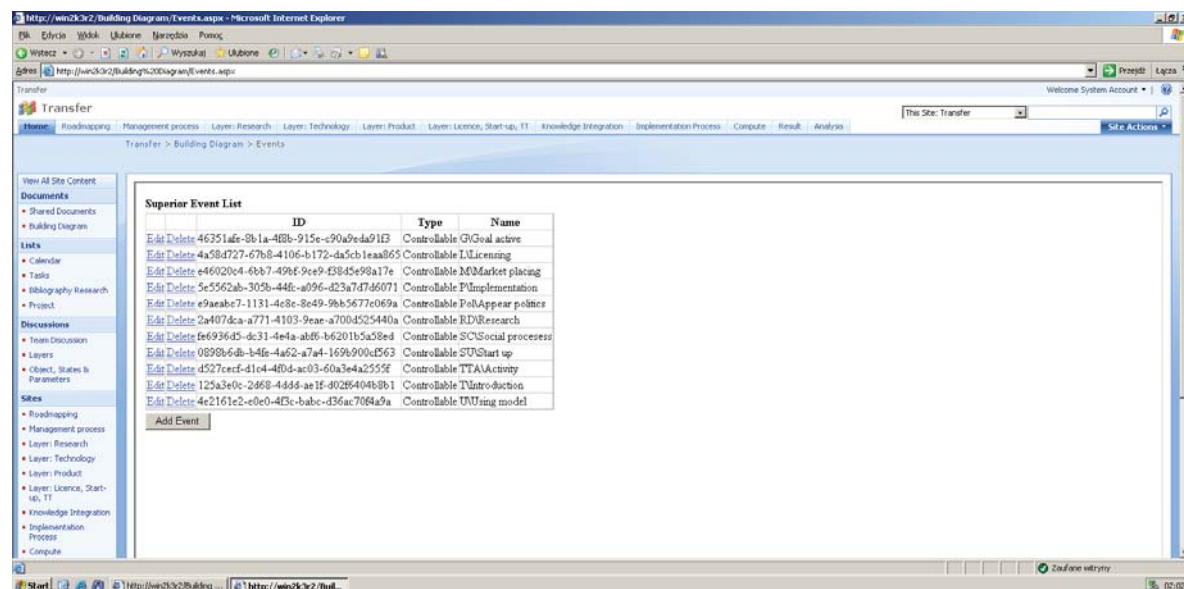


Rys. 6.28 Edytor dynamiki obiektów.
Źródło: Opracowanie własne.

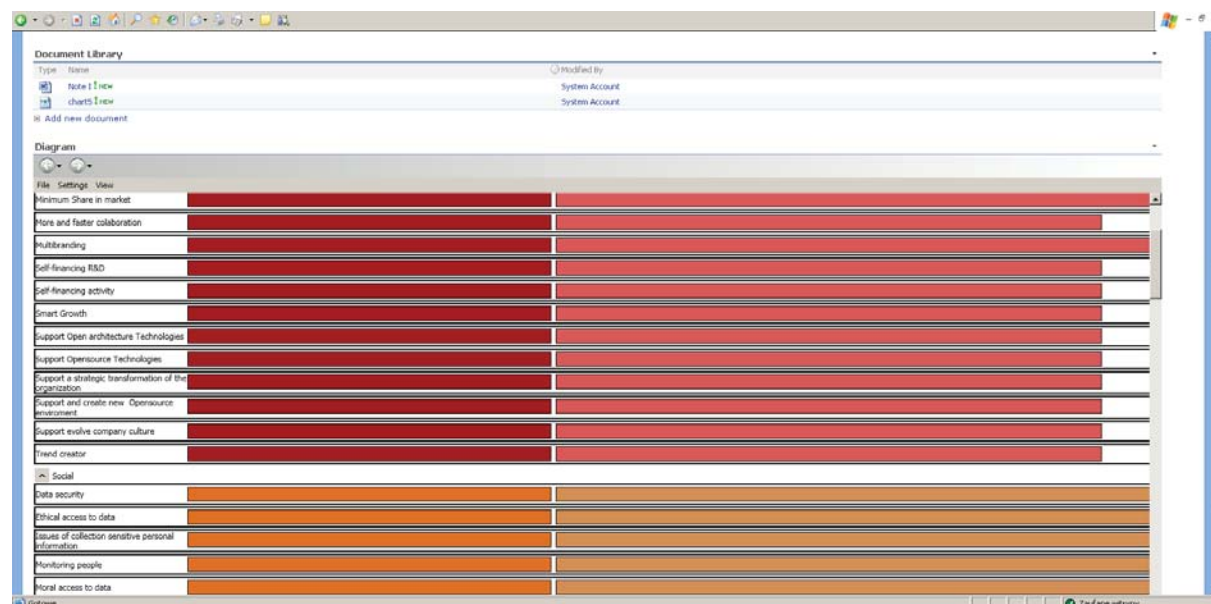
Zespoły decyzyjne ze strony zadania eksperckiego typu workspace posiadają wgląd w aktualny ogólny model problemu planowania w transferze technologii. Przykładową formatkę zaprezentowano na Rys. 6.30.

Na etapie modelowania użytkownik otrzymuje dostęp do narzędzi zarządzania wiedzą, które pozwalają mu na budowę efektywnych struktur wiedzy dla modelowanego zagadnienia decyzyjnego (zgodne z SZD). Struktura wiedzy powstała na potrzeby systemu wspomagania decyzji, zawsze stanowi bazę hierarchiczną tworzoną zgodnie z Rys. 4.25. Przykładowo, na Rys. 4.31 przedstawiono sposób dostępu użytkownika do narzędzi rozszerzenia wiedzy (ang. *merge knowledge*) zgodnie z uprawnieniami. Przedstawiony sposób umożliwia konstrukcję hierarchicznych baz wiedzy przez import istniejących elementów ze współdzielonych źródeł. Działanie to pozwala na integrację bazy ontologicznej z nowymi elementami istniejącymi w repozytoriach (warstwa zarządzania wiedzą).

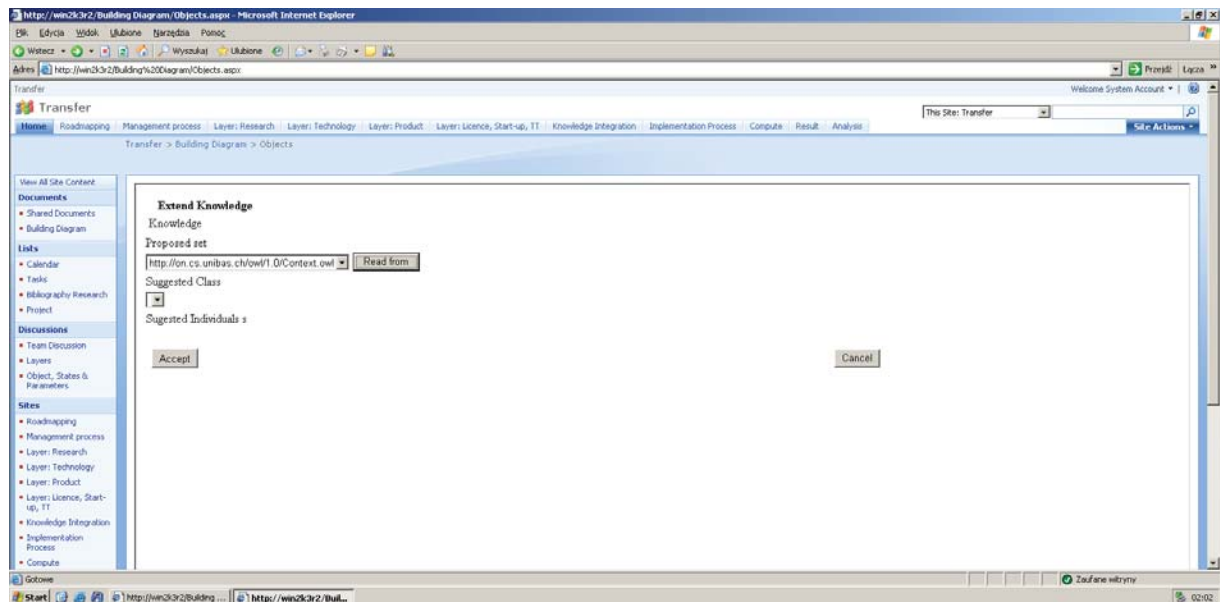
System ewentualnie na podstawie zaimplementowanych mechanizmów wnioskowania może rekomendować użytkownikowi pewne elementy wiedzy wymagane w procesie decyzyjnym. Jednym z elementów zarządzania wiedzą stanowi mechanizm uzupełniania wiedzy na potrzeby danego procesu decyzyjnego. Proces ten odbywa się zgodnie z Rys. 4.26 -Rys. 4.33 (HS_II). Wynikowy model realizacji tej funkcji przedstawiono na Rys. 6.32.



Rys. 6.29 Katalog zdarzeń.
Źródło: Opracowanie własne.

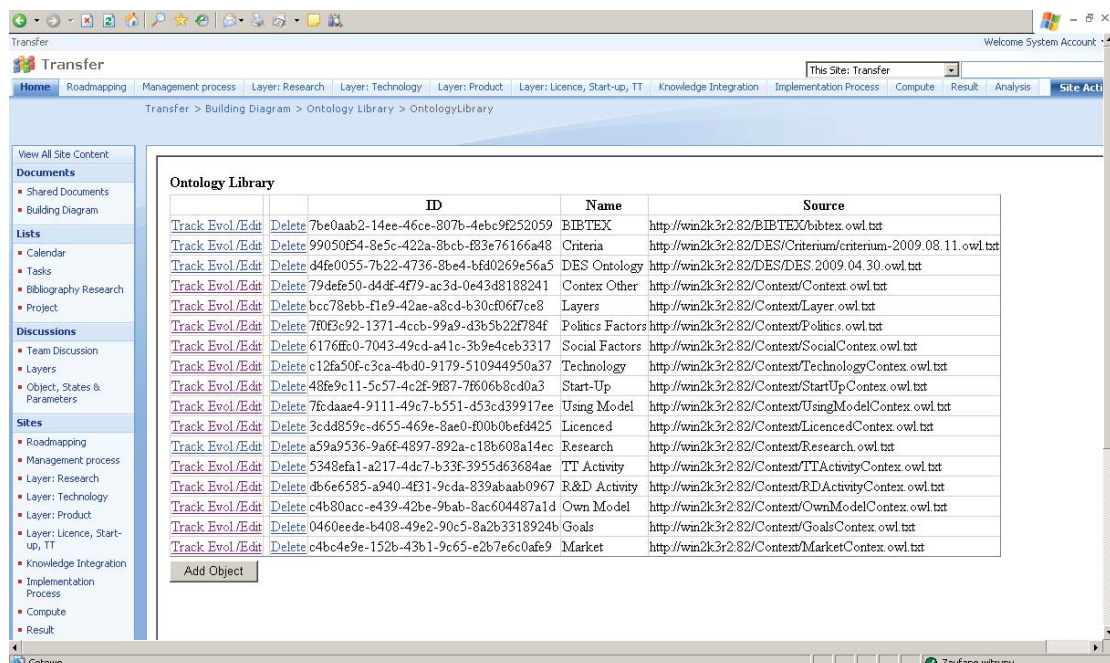


Rys. 6.30 Workspace Rezultaty- integracja działań grup zdaniowych skupiona wokół jednego zakresu roboczego.
Źródło: Opracowanie własne.

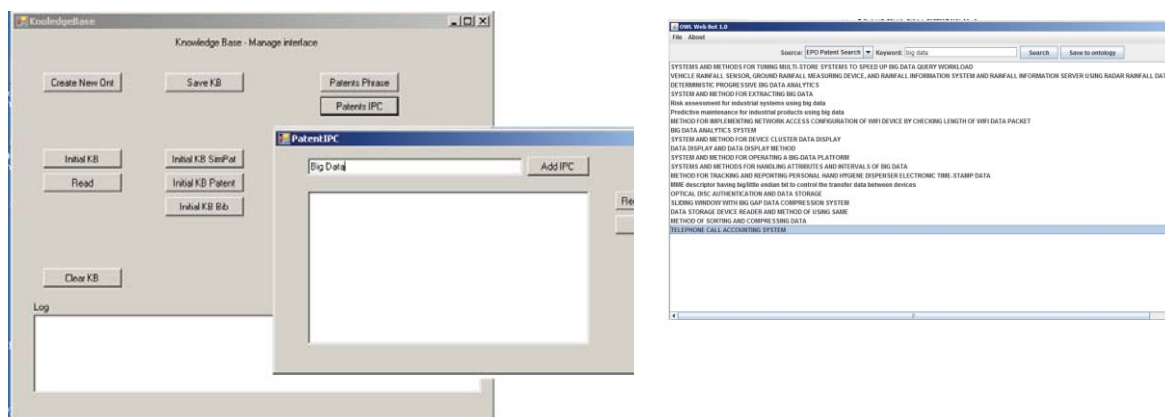


Rys. 6.31 Edytor rozszerzenia wiedzy obiektu oraz relacji.
Źródło: Opracowanie własne.

Wiedza na potrzeby procesów modelowania oraz analitycznego (warstwa modelowania i analizy) może być uzupełniona za pomocą metod półautomatycznej lub automatycznej akwizycji wiedzy z innych źródeł (HS_III). W podstawowym scenariuszu użytych się dedykowane zlecenia systemowe, które odwołując się do odpowiednich metod wstępnego przetwarzania w formie usług. Istnieje również możliwość opracowania kolejnych metod w wersji multiplatformowej (zależnie od środowiska). Przykład funkcjonowania wskazanych botów zaprezentowano na Rys. 6.33.

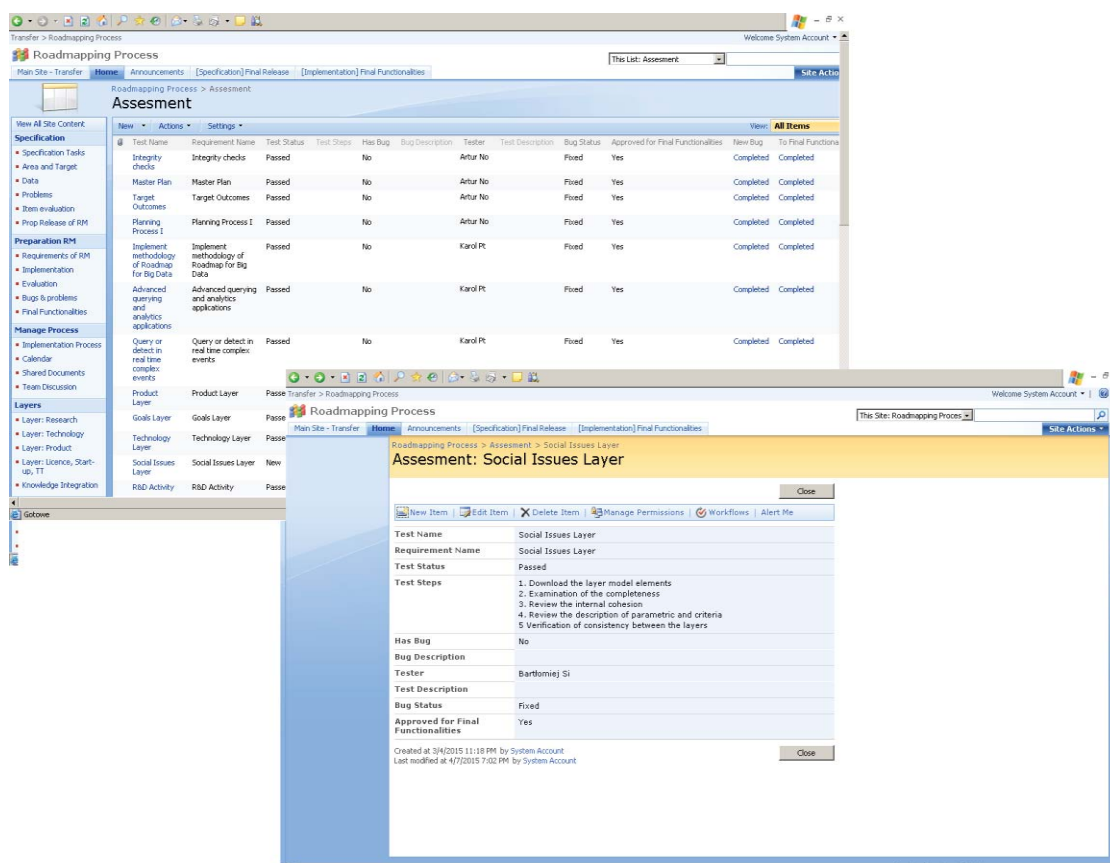


Rys. 6.32 Przykładowe elementy bazy wiedzy.
Źródło: Opracowanie własne.

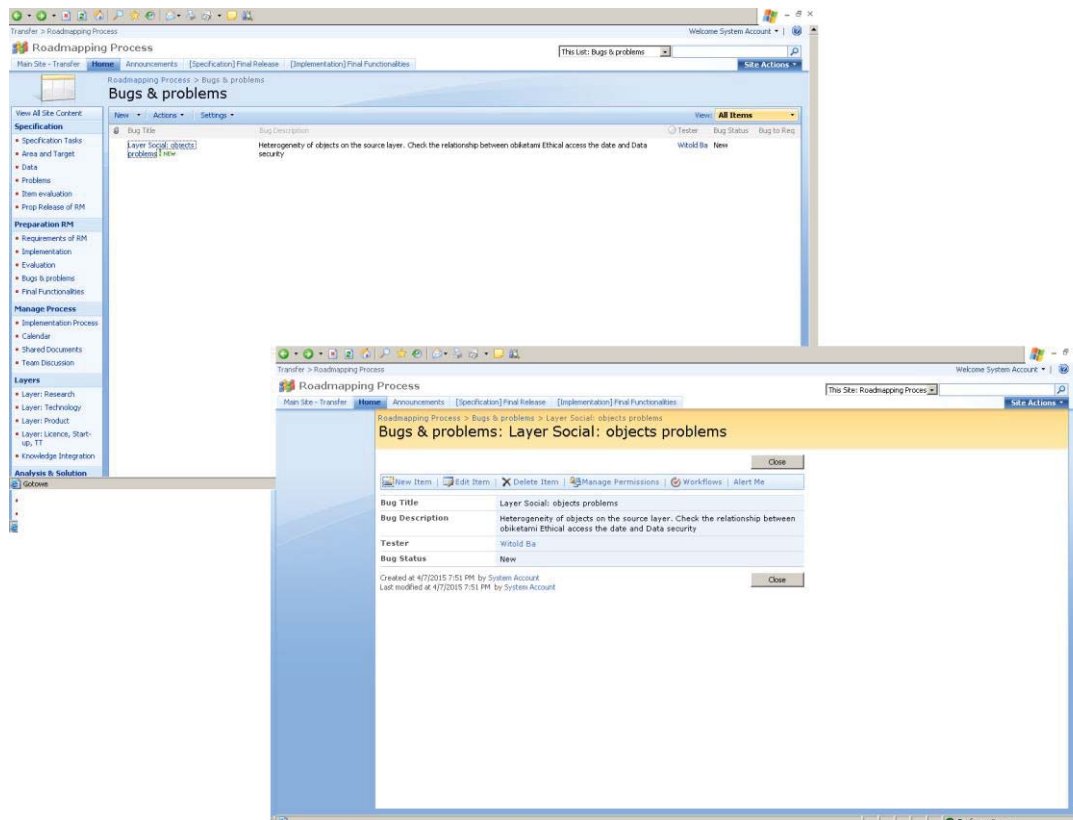


Rys. 6.33 Przykładowe boty akwizycji wiedzy patentowej uruchomione w środowisku C#/Java.
Źródło: Opracowanie własne.

Odnosząc się do samego procesu, każde zadanie modelowania musi być poddawane testom jednostkowym przez oddelegowane grupy zadaniowej z zespołu (Rys. 6.34). Badanie rezultatów procesu modelowania ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia odpowiedniej jakości modelu. W przypadku stwierdzenia pewnych niespójności lub pomyłek definiowane są tzw. błędy i problemy. Tworzona lista błędów jest ściśle nadzorowana celem ich finalnego naprawienia. Formatkę powiązaną z procesem zarządzania błędami przedstawiono na Rys. 6.35.



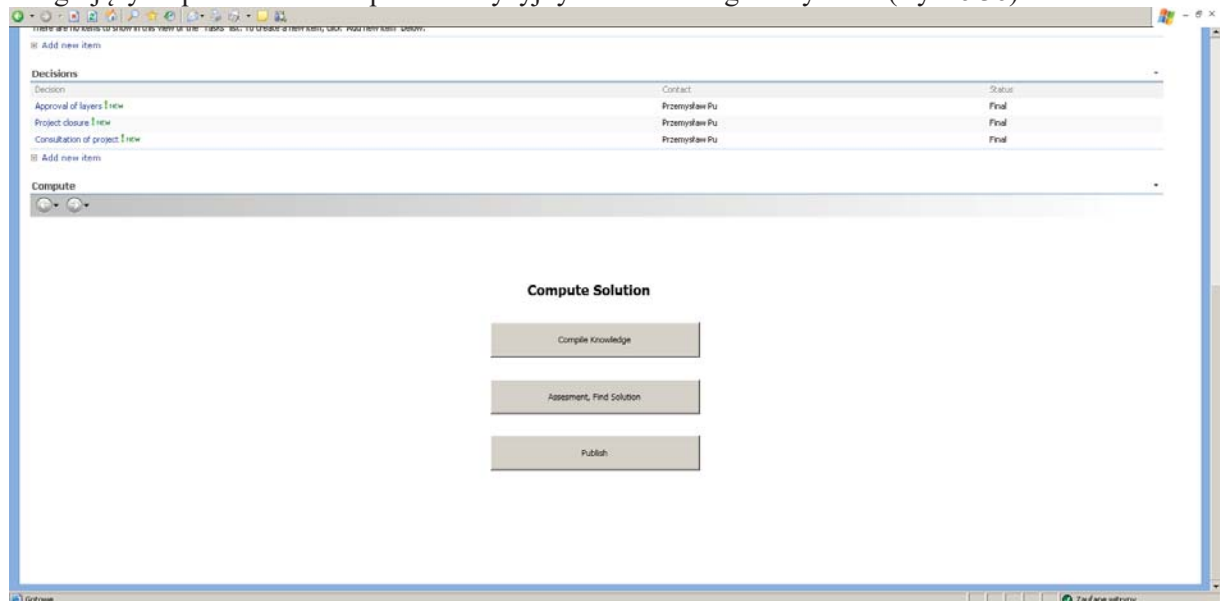
Rys. 6.34 Ewaluacja kompletności wykonania oddelegowanych zadań.
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.35 Ewaluacja poprawności wykonanych zadań.

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku identyfikacji błędów i problemów i dodania ich do listy, automatycznie powstają nowe zadania delegujące konkretnym osobom lub zespołom uprawnienia do ich naprawy. Gdy zadanie zostanie poprawnie wykonane, podlega ponownej weryfikacji zgodnie z procedurami. W przypadku braku błędów i problemów, model zostanie zatwierdzony przez zespół i reprezentanta nadzorującego. W przypadku poprawnej weryfikacji całościowego modelu przez wszystkie zespoły (również pod względem opisu), model zostaje zatwierdzony i przekazany do kolejnej fazy procesu decyzyjnego, czyli fazy analitycznej (faza III). Temu zadaniu dedykowano odpowiedni workspace integrujący współdziałanie zespołów decyzyjnych oraz samego decydenta (Rys. 6.36).



Rys. 6.36 Workspace zamknięcie procesu modelowania.

Źródło: Opracowanie własne.

Transfer > Roadmapping Process

Welcome System Account

Roadmapping Process

Main Site - Transfer **Home** Announcements [Specification] Final Release [Implementation] Final Functionalities

[This List: Final, Main Goals] **Site Actions**

Roadmapping Process > Final, Main Goals

Final, Main Goals

View All Site Content

Specification

- Specification Tasks
- Area and Target
- Data
- Problems
- Item evaluation
- Prep Release of RM

Preparation RM

- Requirements of RM
- Implementation
- Evaluation
- Issues and misunderstandings
- Final Functionalities

Manage Process

- Implementation Process
- Calendar
- Shared Documents
- Team Discussion

Layers

- Layer: Research
- Layer: Technology
- Layer: Product
- Layer: Licence, Start-up, TT
- Knowledge Integration

Analysis & Solution

- Analysis
- Solution

New **Actions** **Settings** **View All Items**

Requirement Name

- Master Plan
 - Target Outcomes
 - Planning Process I
 - Visualization Sc I
 - Visualization Sc II
 - Economic and legal models for efficient data markets
- Societal externalities
 - Reach-by 2020 a share of the Big Data
 - Social Issues
 - Establishing cross-disciplinary communities
- Political Issues Layer
 - Own Technology Layer
 - IT Activity Layer
- Planning Process I Scan I
 - Start-up Layer
 - Planning Process, Scan II
 - Using Model
 - Licensed Layer
 - R&D Activity
 - Social Issues Layer
 - Technology Layer
 - Goals Layer
 - Product Layer
 - Query or detect in real time complex events
 - Advanced querying and analytics applications
 - Implement methodology of Roadmap for Big Data

Źródło: Opracowanie własne.

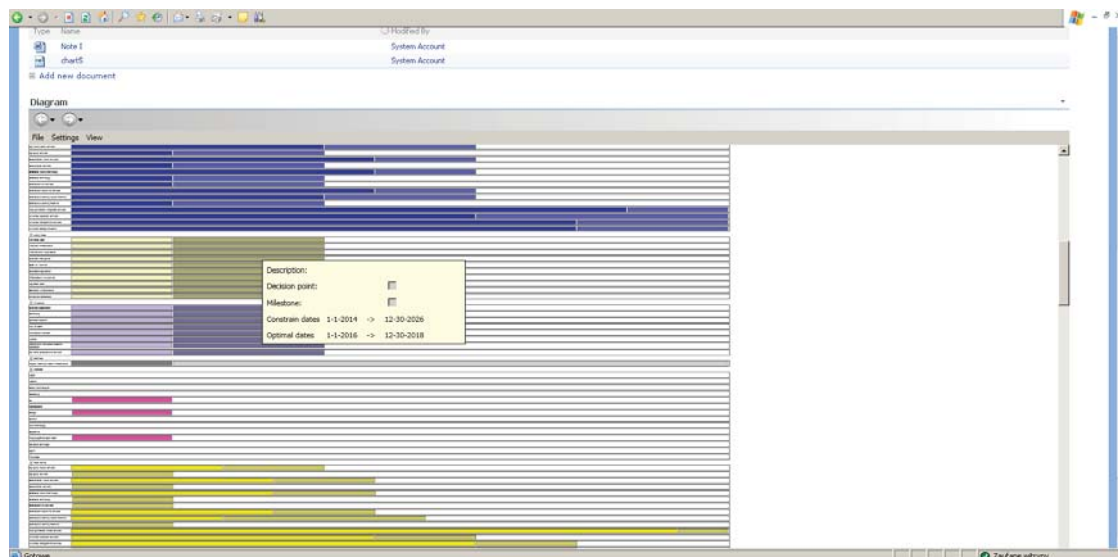
The screenshot displays a presentation slide with two main visual elements:

Line Graph: A line graph comparing NPV (blue line with square markers) and Option (red line with square markers) over time from 2014-01-01 to 2026-01-01. The Y-axis ranges from 0 to 20. The Option value is consistently higher than the NPV value, with both showing significant fluctuations. The Option value peaks at approximately 19 in 2026, while the NPV value peaks at approximately 11 in the same year.

Date	NPV	Option
2014-01-01	20	20
2015-01-01	10	10
2016-01-01	0	5
2017-01-01	4	5
2018-01-01	15	15
2019-01-01	10	10
2020-01-01	5	6
2021-01-01	8	10
2022-01-01	10	15
2023-01-01	2	4
2024-01-01	0	3
2025-01-01	6	12
2026-01-01	11	19

Roadmapping Diagram, Implementation Plan: A horizontal bar chart showing the implementation plan for three goals: "build brand", "Centre of excellence", and "To be a...". The "build brand" goal has a red bar extending to approximately 60% of the timeline. The "Centre of excellence" goal has a red bar extending to approximately 80% of the timeline. The "To be a..." goal has a red bar extending to approximately 100% of the timeline.

Źródło: Opracowanie własne.



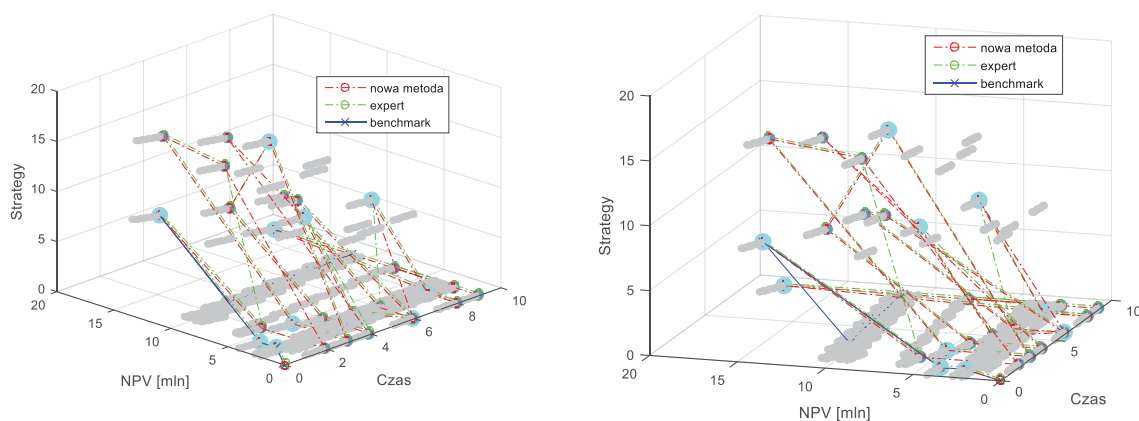
Rys. 6.39 Diagram RM wraz z planem implementacji.

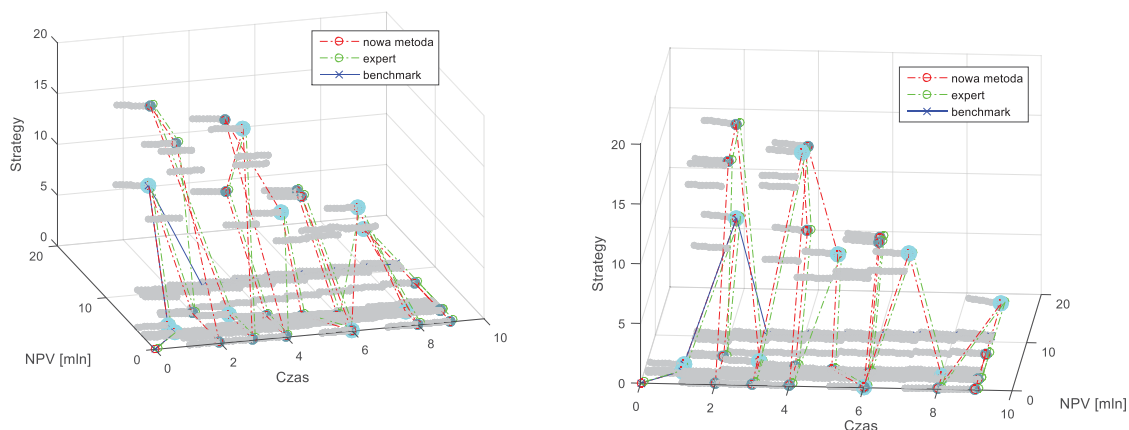
Źródło: Opracowanie własne.

6.4.3 Weryfikacja stosowanych metod

W niniejszym podpunkcie zostanie zaprezentowana weryfikacja porównawcza wszystkich metod użytych w scenariuszu badawczym PP_2. Na wstępie zostaną zweryfikowane metody analizy wspomaganie decyzji zgodnie z metodologią przeprowadzania testów.

Badanie własności implementowanych algorytmów (*Rozdział piąty*) przeprowadzono w oparciu o analizę porównawczą metod analitycznych oraz metod heurystycznych. Szczegółowe zestawienie metod SWD używanych podczas każdej z faz procesu decyzyjnego dla hybrydowego systemu informatycznego zawarto w Tab. 6.8. Badanie to pozwoli na weryfikację HS_V. Na wstępie dokonano weryfikacji wpływu różnych metod optymalizacji wielokryterialnej (skrót OW) na stabilność rozwiązania. Wykorzystano w teście następujące metody: UTAStar, UTADis, Promethe oraz Electre. Na Rys. 6.40 dokonano porównania tych metod.

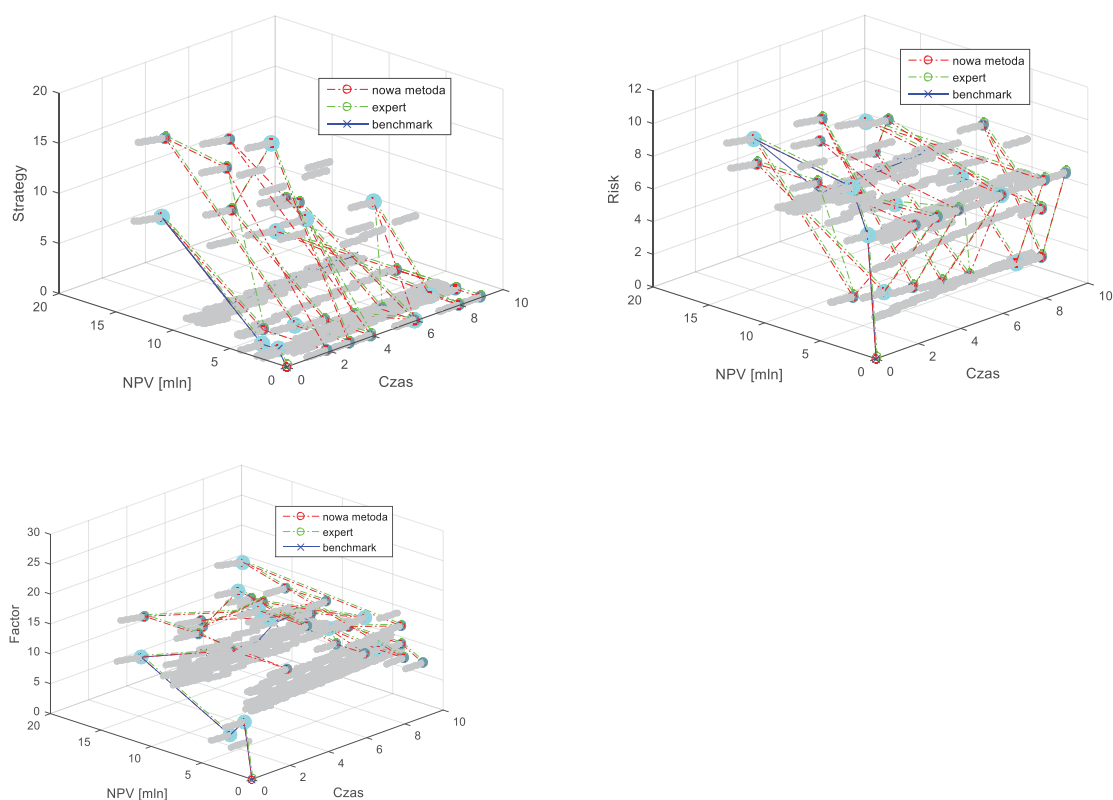




Rys. 6.40 Trajektoria wielokryterialna przy zastosowaniu różnych metod OW: UTAStar, UTADis, Promethe oraz Electre.

Źródło: Opracowanie własne.

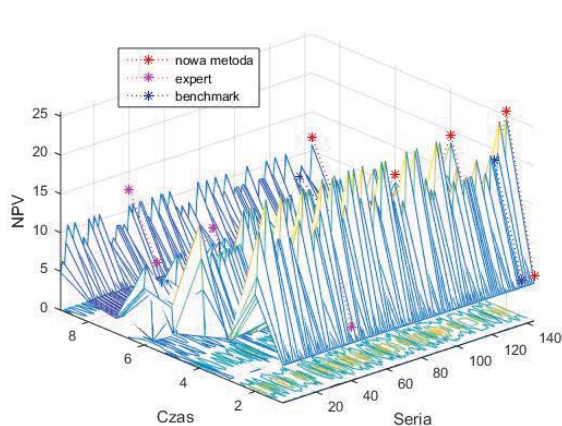
Z analizy przedstawionych wyników wynika, że implementacja różnych metod OW w proponowanym algorytmie wspomagania decyzji nie powoduje zmiany jakościowej efektu wynikowego. Oznacza to bezwzględną spójność planów. Większe rozbieżności pomiędzy poszczególnymi metodami mogą powstawać w przypadku bardziej złożonych problemów technologicznych oraz braku spójności funkcji preferencji identyfikowanej dla różnych technik modelowania preferencji. Domyślnym działaniem w proponowanym rozwiązaniu jest zastosowanie wstępnego filtra alternatyw, polegającego na poszukiwaniu w zbiorze alternatyw podzbioru niezdominowanych rozwiązań. Przykładowo przekrój płaszczyzn kryteriów dla wszystkich trzech metod porównawczych zawarto na Rys. 6.41.



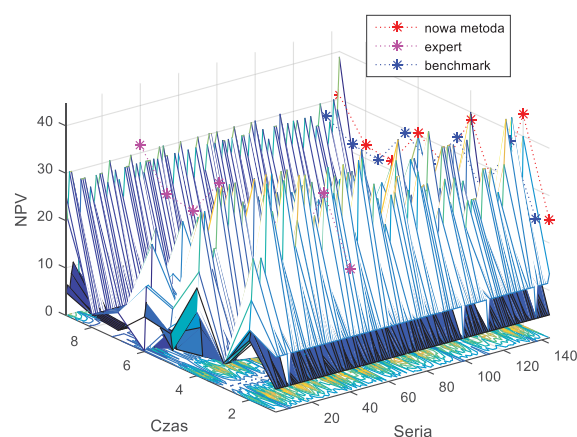
Rys. 6.41 Płaszczyzny kryteriów dla wybranej metody OW (rzuty na właściwe kryteria).

Źródło: Opracowanie własne.

Na Rys. 6.42 przedstawiono różne scenariusze konsekwencji implementacji różnych metod bazowych wspomaganie decyzji dla realizacji procesu planowania strategicznego i operacyjnego umiejscowienia na rynku rozwiązań Big Data. Na wykresie nałożono na siebie dwie płaszczyzny NPV (kolor) oraz ENPV (kontur). Czerwonymi punktami nad płaszczyzną wyróżniono scenariusz uzyskany z zastosowania metody wspomaganie decyzji zdefiniowanej w *Rozdziale piątym* (metoda W1). Elementarna analiza wykresu potwierdza prawidłowość wyniku uzyskanego przez zastosowanie algorytmu decyzyjnego. Stosowanie opcji rzeczywistej w analizie decyzyjnej widoczne na Rys. 6.42 i Rys. 6.43 pozwala na dokładniejsze odzwierciedlenie wpływu dodatkowych czynników oraz tzw. elastyczność procesów transferu technologii w procesie decyzyjnym. W przypadku braku użytkowania teorii opcji rzeczywistej (HS_IV-HS_V) brak jest możliwości prawidłowego wartościowania poszczególnych alternatyw scenariuszy. Celem porównania efektów rozwiązania problemu identyfikowanego dla badania PP_II z wykorzystaniem opcji rzeczywistej (biały kontur) oraz bez jej wykorzystania (kolor) można również posłużyć się Rys. 6.43. Analizując ten wykres, rozwiązanie proponowane w rozprawie jest znów dominującym. Można konkludować, że bez użytkowania opcji w rozwiązaniu dla scenariusza testowego W1 było by podobne do rozwiązania W3.



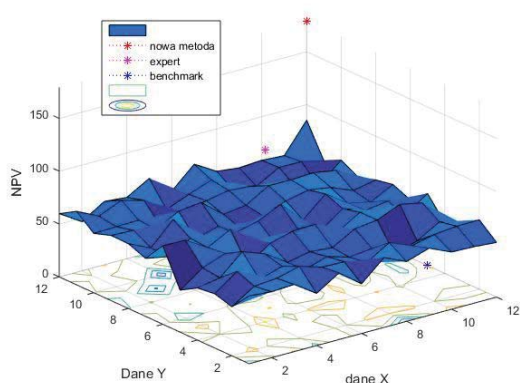
a) wartościowanie podstawowe



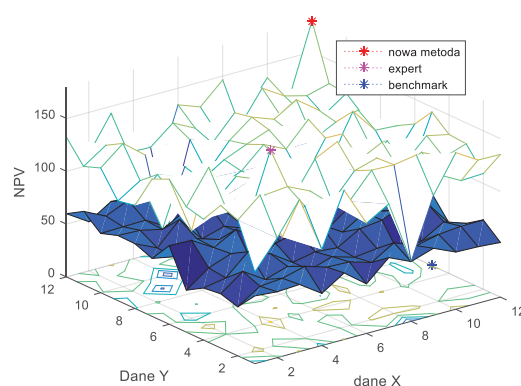
b) uwzględnienie dodatkowych uwarunkowań środowiskowych

Rys. 6.42 Analiza porównawcza scenariuszy wynikowych dla przeprowadzonych testów.

Źródło: Opracowanie własne.



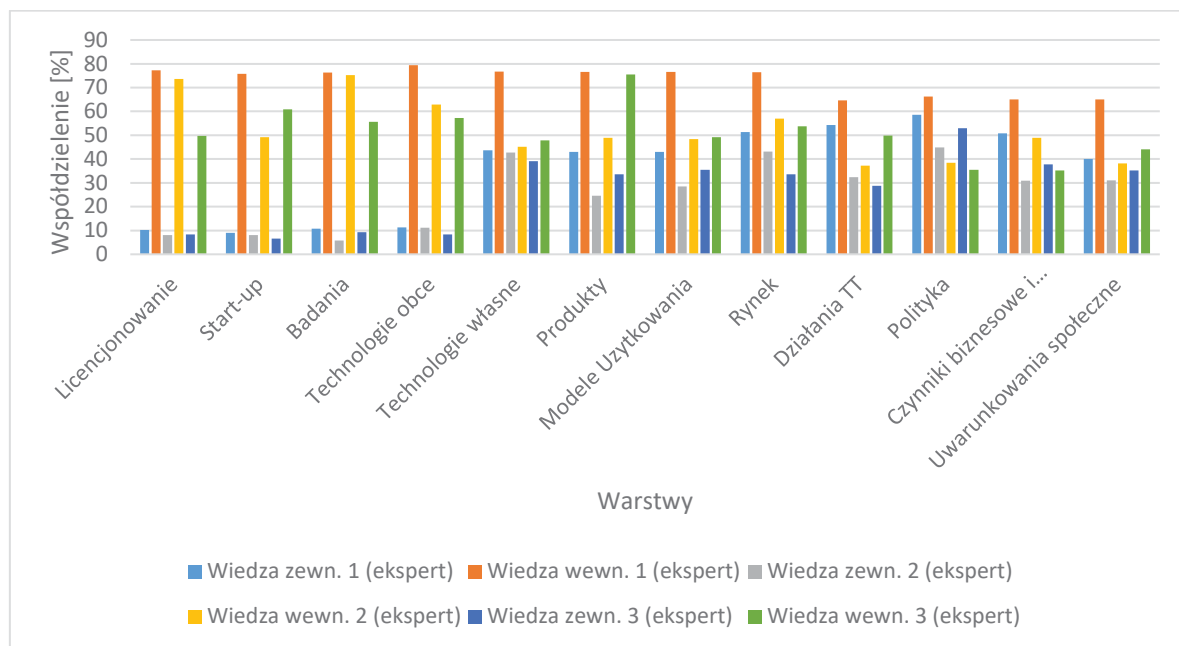
a) wartościowanie podstawowe



b) uwzględnienie dodatkowych uwarunkowań środowiskowych

Rys. 6.43 Porównanie rezultatów obliczeń dla kryterium finansowego dla różnych metod.

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.44 Współdzielenie wiedzy w systemie informacyjnym PP_2.

Źródło: Opracowanie własne.

Proces kodowania wiedzy jest nieodzownym elementem każdego systemu decyzyjnego. Odpowiednio znakowana wiedza może przynieść korzyści w przypadku współdzielenia jej w przyszłości. Utworzenie bazy odpowiednich wzorców (hurtownia wiedzy, Rozdział czwarty) znacząco wpływa na poprawę jakościową i podniesie efektywności dowolnego procesu decyzyjnego. Poglądowo na Rys. 6.44 zawarto zakres współdzielenia wiedzy dla projektowanego systemu informatycznego. Wiedza stanowi znaczący element funkcjonowania systemu informacyjnego, a jej zasoby mogą być udostępniane w innych projektach.

Finalne porównanie efektywności w badaniu II przeprowadzono używając w sumie trzy metody, tj. oprócz nowej opracowanej metody (W1), uwzględniono klasyczne podejście eksperckie (W2) oraz metodę benchmarkingową (W3)- w formie programowania sieciowego. Rezultaty analizy ilościowej porównania tych trzech metod zawarto w Tab. 6.9. Dodatkowo wizualizację porównawczą wszystkich metod zawarto na powyższych wykresach ewaluacyjnych. Badanie PP_II implementowało bardziej skomplikowany przykład praktyczny związany z dostawcą rozwiązań BIG Data niż poprzedni scenariusz testowy. W przeprowadzonym badaniu metoda zaproponowana w rozprawie pozwoliła na uzyskanie lepszych rezultatów w stosunku do innych rozwiązań. Metoda klasyczna – ekspercka osiągnęła minimalnie gorsze rozwiązanie całościowe. Do obliczeń metodą benchmarkingową posłużono się pakietem Lumina Analytica (Rys. 6.45), która finalnie również osiągnęła gorsze rezultaty. Zdarzenie to należy interpretować w ten sposób, że wzrost złożoności problemu oraz dużej liczby powiązań pomiędzy różnymi czynnikami skutkuje gorszymi rezultatami implementacji dwóch pozostałych metod. Metoda ekspercka nie uwzględnia wszystkich opcji rzeczywistych uwzględnionych w podstawowym modelu (Dodatku 0.1). Metoda benchmarkingowa w ogóle nie uwzględnia w modelu analitycznym istnienia opcji rzeczywistej.

Na korzyść zaproponowanego w rozprawie rozwiązania przemawia fakt związany z długością realizacji projektu i odpowiedniego harmonogramowania. Na ten fakt miało wpływ między innymi zastosowanie dedykowanych metod zaimplementowanych w systemie informatycznym (*Rozdział czwarty* i *Rozdział piąty*), między innymi mechanizmów pracy grupowej ułatwiające komunikację oraz organizację całościową i nadzór nad procesem. Współdzielenie wiedzy określone metodami statystycznymi również wpływa na wartość funkcjonalną zaproponowanego rozwiązania. Bezpośrednio ciężko porównać inne rozwiązania testowe uwzględniając parametr współdzielenia wiedzy, ponieważ te metody analityczne nie przewidują dedykowanych mechanizmów współdzielenia wiedzy. Współdzielenie rezultatów w tych metodach testowych opierało

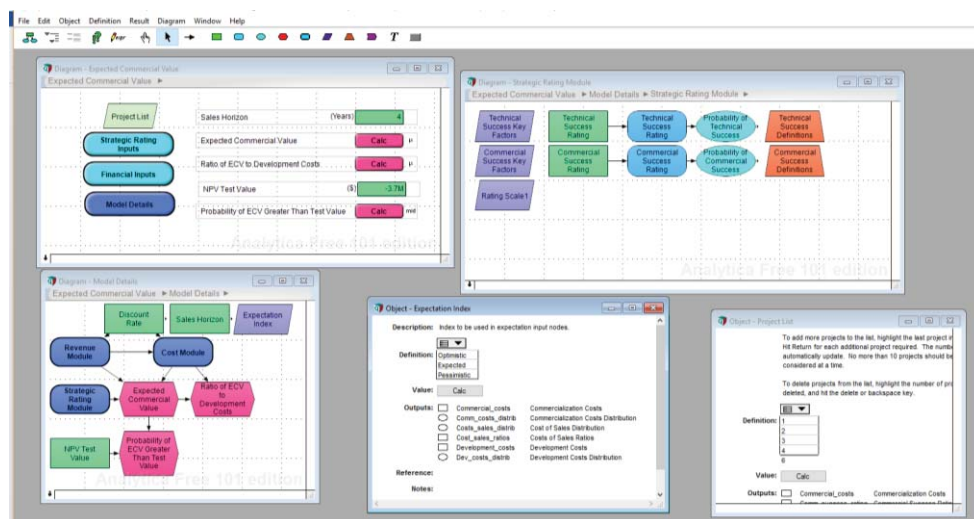
się o proste mechanizmy dostępne w systemach informatycznych. Na rynku nie ma dostępnego oprogramowania pozwalającego na współdzielenie i zarządzanie wiedzą na potrzeby systemu decyzyjnego opartego o metodę TRM w schemacie otwartych repozytoriów wiedzy. Dostępne rozwiązania (Dodatku 0.3) zawierają narzędzie pozwalające na export i import opracowanych projektów.

Można stwierdzić, że dla małych interpretacyjnie problemów rozwiązania opracowane w schemacie klasycznym oraz wykorzystujące nową metodę mogą być porównywalne. W przypadku większych i bardziej skomplikowanych zagadnień technologicznych metoda zaproponowana w rozprawie ma przewagę w identyfikacji i strukturyzacji zagadnień problemowych. Ponadto problem dla klasycznej metody eksperckiej może stanowić zagadnienie liczebności grup eksperckich. Większa grupa to trudności w szybkim wypracowaniu jednolitej decyzji i koszty spotkań oraz integracji w grupach zadaniowych. To może stanowić barierę kompetencyjną. Reasumując przedstawione narzędzie w wymienionych kwestiach jest lepsze w stosunku do pozostałych. W przypadku bardziej złożonych problemów nowa metoda jest lepsza od innych przedstawionych alternatywnych ze względu na mechanizm efektywnego modelowania i zarządzania wiedzą (w tym także współdzielenia wraz z importem), czy dostępu do metod just in time przetwarzania informacyjnego (metody hybrydowe). Metoda ta stanowi w świetle tych faktów efektywne narzędzie podejmowania decyzji w kilku obszarach: skuteczności przyjętego modelu, sposobu wdrażania i nadzorowania procesów logistycznych związanych z TRM.

Tab. 6.9 Porównanie ilościowe rozwiązania problemu identyfikowanego w Badaniu II z wykorzystaniem metod porównawczych.

	NPV+O	Ryzyko	Pozycja Strategiczna	Czynnik priorytetyzacji	Długość projektu	Współdzielenie wiedzy zew.	Współdzielenie wiedzy wew.
	[mln zł]	[]	[]	[]	[dni]	[%]	[%]
Nowa metoda							
min	0,10672	1,588535	0	4	77	9,00	64,61
średnia	5,866511	6,047938	3,827586	15,44828	122,25	35,49	73,00
mediana	4,243316	7,205658	0	16	137	43,03	76,35
max	18,00483	10,07982	16	25	153	58,56	79,42
NPV	170,1288	175,3902	111	448			
Podjęcie Klasyczne, Eksperckie							
min	0,10672	1,588535	0	4	77	5,84	37,25
średnia	6,040432	5,857649	3,692308	15,5	215,125	25,95	51,91
mediana	4,611949	6,917679	0	16	274	29,74	48,90
max	18,00483	10,07982	16	25	289	44,83	75,26
NPV	157,0512	152,2989	96	403		0	
Benchmark, metoda porównawcza							
min	2,672955	6,365485	0	4	77	6,58	35,24
średnia	9,788481	6,95548	0,8	9,7	215,125	27,40	51,21
mediana	10,86421	6,365485	0	10	274	33,59	49,78
max	14,77842	9,29952	8	12	289	52,91	75,57
NPV	97,88481	69,5548	8	97			

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6.45 Przykład realizacji testów dla środowiska Lumina Analytica dla problemu PP_2.
Źródło: Opracowanie własne.

6.5 Porównanie proponowanego rozwiązania z innymi wzorcowymi

Zaproponowane i zaimplementowane w pracy rozwiązanie hybrydowego systemu wspomagania decyzji w transferze technologii, które bazuje na metodzie roadmappingu technologicznego nie posiada swoich odpowiedników dostępnych w literaturze lub u innych dostawców oprogramowania (Dodatku 0.3). Roadmapping jest: sposobem organizacji procesu w celu wspomagania podejmowania decyzji, podstawą konstrukcji planów oraz strategii funkcjonowania podmiotów różnego typu, metodą adaptacyjnej zmiany strategii pod wpływem zmiany uwarunkowań otoczenia lub innych czynników. Proponowane w rozprawie narzędzie informatyczne SWD przyjmuje formę elastycznej infrastruktury bazującej na modelu warstwowym, który realizuje wytyczne zawarte w *Rozdziale trzecim*.

Prezentowane w rozprawie podejście trudno porównać bezpośrednio z innymi rozwiązaniami obecnymi w literaturze. Rozwiązania wspomagania podejmowania decyzji w obszarze transferu technologii, często przyjmują prostą formę, poświęconą realizacji wąsko zdefiniowanego celu (pewnej roli) wsparcia procesu decyzyjnego. Przykładowo w pracach Larsson i in. [52], Petrick i Echols [37], Galvin [196], Groenvend [57] oraz Gerdri i Vatananan [197] propaguje się proste systemy informacyjne lub informatyczne wspomagające proces decyzyjny oparty na roadmappingu technologicznym. Elastyczność i funkcjonalność aktywnego monitorowania otoczenia realizuje część informacyjna wdrażanej metody RM (głównie przez wykorzystanie klasycznego podejścia eksperckiego). Prezentowane podejście jednak daleko odbiega od potencjalnych możliwości, jakich dostarczają współczesne narzędzia ICT. W pracach różnych autorów spotyka się postulaty tworzenia inteligentnych systemów wspomagania decyzji w kontekście zarządzania technologiami, np. Porter i inni [352], Arman i in. [353] i wiele innych. Jednak ciężko dokonać identyfikacji rozbudowanych rozwiązań SWD, które użytkują rozbudowane modele.

Implementacja systemu decyzyjnego z wyłącznym wsparciem ekspertów prowadzi do: wzrostu kosztów stosowania tego typu rozwiązania, wydłuża proces i zawęża potencjalne grono zainteresowanych instytucji. Holmes i in. [198] argumentuje, że metodę tę jednak można stosować również w małych i średnich podmiotach, do których powinno dostosować się zakres oraz formę systemu SWD. Ograniczenie potencjalnych kosztów użytkowania systemu jest możliwe wyłącznie poprzez użytkowanie metod współdzielenia wiedzy (np. tworzenie wiedzy w otwartych środowiskach, zakup wiedzy od organizacji pośredniczących w transferze technologii, zakup analiz i raportów, itd.) i dostęp do otwartej architektury systemu. Strauss i Radnor [246] oraz Phaal i in. [205] twierdzą, że RM stanowi kompleksowy schemat zarządzania i utrzymywania diagramów roadmappingowych. Wielu badaczy niezaznajomionych z metodyką RM często postrzega ją wyłącznie w kategoriach diagramów roadmappingowych. Takie schematyczne traktowanie tej metody, często stanowi poważną barierę we wdrażaniu rozwiązań SWD. Podstawową metodą

identyfikacji modelu systemu technologicznego w RM stanowi brainstorming (Kerr i in. [43]), gdzie ten aspekt pozyskiwania wiedzy jest ważnym czynnikiem społecznym ułatwiającym jej transfer oraz skuteczną identyfikację nowych idei.

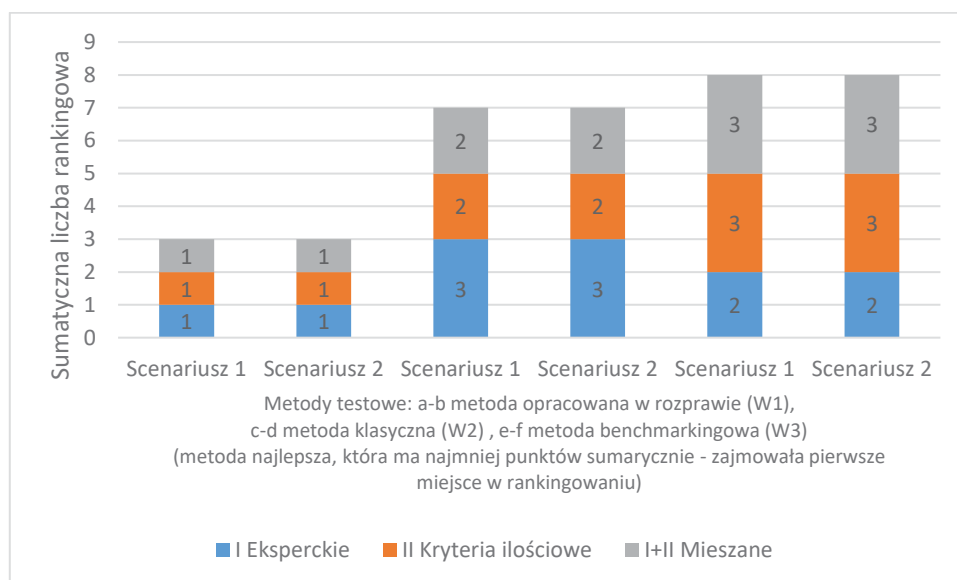
Zupełnie inne podejście proponuje się w rozprawie. Klasyczne formy wdrażania procesu decyzyjnego w oparciu o RM powinny zostać rozszerzone o nowe technologie ICT. Podejście wyłącznie eksperckie stanowi jeden z elementów procesu modelowania oraz podejmowania decyzji hybrydowego systemu wspomagania decyzji. Główny trzon systemu powinien stanowić wzorce SWD: model-based, communication-based i knowledge-based. Wzorce te mogą być dodatkowo rozszerzane o metody automatycznej akwizycji wiedzy (często używanej w innych procesach decyzyjnych), czy o metody ułatwiające identyfikację dopuszczalnych rozwiązań, czy punktów brzegowych w oparciu o metody optymalizacji dyskretniej. Przykładowo wiedza na temat otoczenia (czynniki rynkowe, otoczenie makro i mikro ekonomiczne) jest wspólna dla wielu projektów. Zastosowanie ontologii i rozproszonych baz wiedzy pozwala na wymianę wiedzy pośród różnych interesariuszy tworząc otwarte środowiska pozyskiwania i udostępniania wiedzy. W tym względzie ważna jest jakość wiedzy oferowanej innym podmiotom. Wiedza może być wytwarzana z wykorzystaniem dedykowanych metod automatycznej akwizycji wiedzy, np. metody oparte o webcrawler dokonujący pozyskania i aktualizacji wiedzy z Eurostatu.

Kluczowym zagadnieniem przedstawiane metody stanowi utworzenie dobrego jakościowo dyskretnego modelu dynamiki systemów technologicznych. Podobne stwierdzenia znajdują swoje uzasadnienie w pracy Phaal [211]. W literaturze wprawdzie wspomina się o możliwość wzbogacenia pracy eksperckiej o narzędzia wspomagające proces modelowania diagramu DRM w kontekście podejmowania decyzji, jednak przyjmują one postać prostych narzędzi. Groenvend [57] proponuje wykorzystanie następujących narzędzi: *QFD* (ang. *Quality Function Deployment*), *analiza portfolio*, *analiza SWOT*, *matryce innowacji*, Farrukh i in. [55] proponuje użytkowanie narzędzi typu: *macierze analityczne*, (dwuwymiarowe) wraz z możliwością rankingowania identyfikowanych elementów, a Wells i in. [218] narzędzia typu *domain maps*, *tree diagrams*, *mind maps*. Petrick i Echols [37] wspomagają proces planistyczny w oparciu o *trajektorie technologiczne* z dopasowaniem wzorca S-krzywej (reprezentującej cykl życia technologii) lub Zang i in. [219] *macierze analityczne*, (dwuwymiarowe) wraz z możliwością rankingowania identyfikowanych elementów. Wells i in. [218] narzędzia typu *domain maps*, *tree diagrams*, *mind maps*, Petrick, i Echols [37] wspomagają proces planistyczny w oparciu o *trajektorie technologiczne* z dopasowaniem wzorca S-krzywej (reprezentującej cykl życia technologii), DeGregorio [50] wskazuje, że w Motoroli aktywnie korzystano z diagramów przepływu, Phaal i in. [204], gdzie dokonano identyfikacji katalogu narzędzi dedykowanych metodzie RM, do których można m.in. zaliczyć: predefiniowane frameworki zoptymalizowane dla roadmappingu, modele macierzowe, siatki, tabele, grafy, checklisty, taksonomie, listy procedur oraz procesów, szkolenia, workshopy, oprogramowanie, etc. Rinne [53] proponuje wykorzystanie różnego rodzaju gier pobudzających kreatywność zespołów.

Złożoność modelowanych systemów technologicznych w przekonaniu Phaal i in. [205], Petric i Guzman [223] wymusiła stosowanie do konstruowania modelu dyskretnego w formie DRM dedykowanego oprogramowania. Wsparcie procesu decyzyjnego w tej formie jest obecnie między innymi w [204], [227]. Pewne rozszerzania tego schematu poczyniono w pracach Fleischer i in. [228], Tang i in. [229], Bicking i Wimmer [27], gdzie pojawiają się narzędzia realizujące budowę diagramów DRM ze szczególnym uwzględnieniem metod pracy grupowej.

Proponowane w rozprawie narzędzie można dowolnie formować i dostosowywać do zadań z wykorzystaniem jasno zdefiniowanych modułów wraz z architekturą warstwową. Realizację tych funkcji zapewniają między innymi stosowane rozwiązania klasy Enterprise zapewniające odpowiednią skalowalność, m. in. technologie SharePoint, webpart, bazy wiedzy konstruowane w oparciu o ontologie w schemacie OWL. Prezentowane cechy są unikatowe i nie powtarzalne w innych konkurencyjnych rozwiązaniach. Inżynieria wiedzy, wraz z metodami realizacji zapytań do baz wiedzy, pozwala na pozyskanie technik opartych na wnioskowaniu. Praca grupowa, współdzielenie wiedzy, ogólna komunikacja (video-konferencje, czaty, inne narzędzia pracy grupowej, rozwiązania mobilne, itd.) stanowią podstawę funkcjonowania nowoczesnych środowisk decyzyjnych, gdzie buduje się wirtualne zespoły zadaniowe.

Celem podsumowania przeprowadzonych powyżej badań wykonano ranking metod użytkowanych w scenariuszach testowych, który zawarto na Rys. 6.46. Metodologia rankingowania została wskazana w Dodatku 0.5. Zgodnie z przyjętą metrologią, za najlepsze rozwiązanie należy uznać te, którego sumaryczna liczba pozycji w rankingu jest najniższa. Metodą najlepszą zgodnie z wyszczególnionymi kryteriami okazała się opracowana w rozprawie architektura SWD. Oznacza to, że właśnie ta metoda zanotowała najlepsze pozycje rankingowe ogólnie - sumarycznie we wszystkich rankingach częściowych. Ranking zbiorczy przedstawiony poniżej jest zgodny z konkluzjami otrzymanymi na podstawie szczegółowych testów zawartych w powyższych punktach tego Rozdziału.



Rys. 6.46 Rankingowanie metod W1-W3 dla scenariuszy testowych PP_1 i PP_2.

Źródło: Opracowanie własne.

Na rynku funkcjonują również komercyjne narzędzia przeznaczone do zastosowania tworzenia MD, jakim jest np. Accolade Vision Strategist i Roadmapping Software (<http://www.sopheon.com>), znane też pod nazwą Sopheon's Innovation Planning Software [51]) jednak to są rozwiązania korporacyjne. Charakteryzują się dużymi kosztami użytkowania oraz są częściowo kompetencyjnie pokrywają funkcjonalności związane tworzeniem dyskretnego modelu grafowo-sieciowego (DRM). Dodatkowo rozwiązania te zawierają mniej funkcjonalności. Często wskazane programowania korzystają z rozwiązań pracy grupowej, lecz brakuje w nim metod analitycznych ułatwiających podjęcie decyzji czy gromadzenia wiedzy i współdzielenia jej w otwartych środowiskach. Pełny przegląd oprogramowania planowania strategicznego zawarto w Dodatku 0.3.

6.6 Podsumowanie

Zaproponowana w tym Rozdziale metodologia badań oraz weryfikacji całego środowiska decyzyjnego, pozwala na ukazanie wszystkich praktycznych aspektów stosowania systemu wspomagania decyzji zaproponowanego w rozprawie w różnych aplikacjach problemowych związanych z transferem technologii informatycznych. Na podstawie sekwencyjnego weryfikowania hipotez szczegółowych (Rozdział trzy i cztery) dokonano tym samym potwierdzenia koncepcji ujętych w tezie pracy.

Zawarte w rozdziale badania można podzielić na dwa zasadnicze nurty. Pierwszy z nich stanowi weryfikację poprawności funkcjonowania systemu informacyjnego bazującego głównie na metodach roadmappingu technologicznego w połączeniu z algorytmami wspomagania podejmowania decyzji. Drugi nurt stanowi weryfikację właściwej architektury SWD wraz z kompleksową infrastrukturą teleinformatyczną oraz dedykowanymi algorytmami wspomagania decyzji.

Obydwa scenariusze badawcze dla różnych zagadnień praktycznych zakończyły się powodzeniem oraz dowiodły prawidłowości zastosowanych metod. Uzyskane wyniki praktycznej ewaluacji obu systemów pozwalają na stwierdzenie, iż możliwe jest skonstruowanie systemu, który implementuje przyjęte koncepcje w rozprawie. Otrzymane wyniki potwierdzają jednoznacznie, że poprawnie zaimplementowano rozwiązanie technologiczne SWD oraz użytkowano opracowane koncepcje tworzenia systemów wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych.

Rozprawa zawiera propozycje realizacji systemu wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych. Problemy związane z wdrażaniem i eksploataowaniem technologii w działalności operacyjnej różnych podmiotów stanowią istotny element budowy każdego planu strategicznego na poziomie operacyjnym. Konstrukcja planu zawierająca elementy transferu technologii w oparciu o przedstawioną metodologię oraz architekturę systemu informatycznego pozwala na bezpośrednie stworzenie efektu synergii pomiędzy czynnikami technologicznymi (kapitałem intelektualnym: pozyskanie/dyfuzja), a właściwą działalnością różnego rodzaju podmiotów, np. producentów, dostawców, jednostek badawczo-naukowych, instytucji państwowych itd. Wszystkie powyższe podmioty mogą korzystać z transferu technologii informatycznych. Proponowane rozwiązania zawierają instrumenty wspomagające podejmowanie decyzji technologicznych dla trzech zasadniczych klas identyfikowanych współcześnie problemów technologicznych (schematów użytkowych):

- Rozwoju Nowych Produktów i Umiejscowienia ich na Rynku (NPD-MP),
- Dostosowania produkcji do uregulowań prawnych lokalnych lub międzynarodowych (DPUP),
- Wyboru Strategii Naukowo-Badawczej (WSNB).

W rozprawie zaproponowano rozwiązanie pozwalające na kompleksową konstrukcję elastycznego systemu wspomagania decyzji, który można dopasować do potrzeb konkretnego decydenta, tzw. „szyty na miarę”. System dostarcza użytkownikowi możliwość wybiórczego stosowania zdefiniowanych wzorców architektonicznych SWD. Odwołując się do przesłanek zawartych w *Rozdziale trzecim* można stwierdzić, że proponowane rozwiązanie stanowi system hybrydowy integrujący różne wzorce użytkowe SWD wskazane w *Rozdziale drugim*. Użytkowanie tych wzorców i możliwość ich zestawienia jest zależna od aktualnych potrzeb informacyjnych procesu decyzyjnego (poz. dynamiczny model systemu informatycznego, *Rozdział czwarty*). Koncepcja zaproponowana w pracy umożliwia dynamiczne dostosowanie się systemu i jego rekonfigurację (ewolucję architektury/wybiórcze stosowanie zdefiniowanych metod SWD).

Słuszność przyjętych wstępnych założeń implementacyjnych, funkcjonalnych oraz zaproponowanych koncepcji została potwierdzona w obszarze:

- implementacji systemu informacyjnego (dedykowane algorytmy podejmowania decyzji w TT, procesowe, organizacyjne) dla różnych zagadnień praktycznych transferu technologii informatycznych,
- użytkowania oraz wdrażania proponowanej architektury SWD (budowa warstwowa systemu informatycznego, sposób jego dostosowania się).

Prezentowana praktyczna implementacja systemu pozwala na weryfikację modelu funkcjonalnego SWD dedykowanego zagadnieniom transferu technologii w wielu obszarach użytkowania technologii informatycznych.

7.1 Weryfikacja tezy pracy

Głównym celem rozprawy zgodnie z tezą, było opracowanie wzorcowych metod budowy systemów wspomagania decyzji w taki sposób, by stały się użyteczne w różnych zagadnieniach planowania strategicznego i operacyjnego, gdzie aktywnie wykorzystuje się metody transferu technologii. W ramach prac nad niniejszą rozprawą opracowano koncepcję systemu informacyjnego opartego o metodę roadmappingu technologicznego, jak również jego elementy składowe (metodyczne oraz algorytmiczne). Do realizowanych w pracy zadań należało zbadanie predyspozycji dostępnych metod identyfikowanych w literaturze w obszarze SWD dla zdefiniowanego w tytule pracy zagadnienia problemowego. W przypadku braku odpowiednich narzędzi należało rozwinąć istniejące koncepcje, a w przypadku ich braku konieczne było opracowanie nowych rozwiązań metodycznych i architektonicznych. Jednym z elementów pracy było również poszukiwanie metody organizacji całego procesu decyzyjnego (metody informacyjne). Finalnie proces poszukiwania odpowiednich rozwiązań i metod w różnych obszarach dziedzinowych pozwolił na dokładne wyspecyfikowanie rozwiązania realizującego zakładane cele.

Celem utworzenia zakładanego hybrydowego SWD pozwalającego na dużą elastyczność aplikacyjną w obszarze transferu technologii, autor opracował najpierw formalny model dynamiczny systemu, a następnie modułową architekturę systemu oraz uzupełnił ją o dedykowane algorytmy wspomagania decyzji wraz z procedurami opartymi na RM. Na tej podbudowie procesowej było możliwe opracowanie właściwej koncepcji architektury hybrydowego systemu informatycznego dedykowanym zadaniom decyzyjnym w TT. System hybrydowy oznacza, że możliwe jest dynamiczne użytkowanie różnego połączenia wzorców SWD, celem polepszenia cech procesowych i funkcjonalnych.

Zgodnie ze specyfikacją przygotowaną w *Rozdziale pierwszym* i w *Rozdziale trzecim*, metody wypracowane w rozprawie powinny być odpowiednio przetestowane. Ważnym zagadnieniem była poprawna weryfikacja wszystkich użytkowanych elementów składających się na funkcjonalną całość SWD. Problematiczne, pod względem testowania, okazały się elementy „miękkie” głównie związane z pozyskaniem materiału badawczego. Omówione przykłady, ze względu na swoją złożoność oraz niszowy charakter, wymagały uzyskania dostępu do specjalistycznego know-how (badania rynkowe, patenty, raporty, itd.), odpowiednich zasobów (przede wszystkim ludzkich). Dzięki odpowiedniej architekturze procesu decyzyjnego możliwe stało się poprawne uzyskanie dostępu do odpowiednich źródeł wiedzy z wykorzystaniem architektury systemu, np. warstw akwizycji wiedzy – dedykowane metody pozyskiwania.

Trudność właściwego stosowania metod TT we współczesnych podmiotach, stanowi problem odpowiedniego wkomponowania systemu informatycznego w wizje funkcjonowania organizacji na poziomie operacyjnym. Właściwa implementacja metod planowania strategicznego w transferze technologii pozwala na budowanie spójnej wizji przyszłości z wykorzystaniem metod roadmappingu (Teza). Przedsiębiorca w tym względzie dąży do tworzenia dla zdefiniowanych horyzontów czasowych dynamicznych portfeli technologii charakteryzujących się określonymi walorami użytkowymi (z właściwą implementacją metod oceny ryzyka) oraz skojarzonymi z najlepszymi wariantami pozyskania technologii w świetle zdefiniowanych kryteriów. Powyższe elementy przetestowano zgodnie z opracowanymi procedurami podejmowania decyzji.

Pewne elementy opracowywanego planu mogą być współdzielone lub synchronizowane z innymi podmiotami, zgodnie z narzuconymi uprawnieniami dostępu. Z drugiej strony proces decyzyjny wymaga dostępności do aktualnej wiedzy (modelu spiralnego RM). Dostęp do wiedzy pod względem kosztowym (czas, zasoby) jest dosyć drogi. Dzięki zaprojektowaniu architektury systemu w takiej formie jaka została zaprezentowana w *Rozdziale czwartym*, możliwe jest współdzielenie wiedzy oraz rozłożenie kosztów dostępu do wiedzy wśród wszystkich interesariuszy. Pozyskanie zasobów we własnym zakresie oraz współdzielenie ich w środowisku rozproszonym pozwala pod względem procesowym zaoszczędzić wiele zasobów. Z drugiej

strony, oferowanie innym podmiotom dostępu do już przetworzonych zasobów wiedzy (udostępnianie odpłatne) również prowadzi do uzyskania pewnych profitów.

Implementacja systemu została zweryfikowana przez przygotowanie kilku scenariuszy ewaluacyjnych, które zakładały wdrożenie metody w różnych podmiotach oraz inicjalizowanie w nich procesów decyzyjnych w kontekście transferu technologii. Testy ewaluacyjne omawianej metody uwzględniały implementację dwóch problemów, typu NPD-MP (zawarto w *Rozdziale trzecim*): dla technologii mobilnych (hardware) oraz producenta rozwiązań Big Data (software). Warto zwrócić uwagę, że poruszane w rozprawie zagadnienia problemowe stanowią bezpośrednią odpowiedź na zapotrzebowanie wielu podmiotów (w Polsce oraz w Europie) poszukujących metod oraz systemów ułatwiających wdrażanie metod transferu technologii do działalności operacyjnej różnej klasy podmiotów. Dodatkowo, każde z testów przewidywało rozwiązanie szczegółowego problemu transferu technologii przez zastosowanie opracowanej w rozprawie metody i kilku metod porównawczych w różnych konfiguracjach. Na tej podstawie jednoznacznie potwierdzono zasadność użytkowania SWD w transferze technologii w zakresie, jakim rozważano.

Na podstawie ewaluacji można jednoznacznie stwierdzić, że wykorzystanie SWD w zdefiniowanej formie pozwoliło na uzyskanie wymaganych rezultatów oraz spełniło wszystkie założenia przedstawione w *Rozdziale pierwszym* oraz w *Rozdziale trzecim*. Można uznać, iż autor wykazał poprawność zastosowania SWD dla procesów decyzyjnych w transferze technologii informatycznych.

7.2 Nowatorskie elementy pracy

Zaproponowana koncepcja Systemu Wspomagania Decyzji w transferze technologii informatycznych wprowadza nowe podejście do zarządzania technologiami. Można je określić mianem podejścia technologiczno-centrycznego (np. problem AADTP). To podejście stanowi odpowiedź na zapotrzebowanie wielu firm informatycznych odnośnie metody szybkiego pozyskiwania i dyfuzji technologii informatycznych. Równocześnie autor pracy dostarcza elastycznej metodyki wdrażania narzędzi TT do działalności operacyjnej. W literaturze przedmiotu wsparcia procesów innowacyjnych unika się budowy i użytkowania złożonych narzędzi wspomagania decyzji, które mogą w kompleksowy sposób wspomóc decydenta. Badacze posługują się głównie prostymi narzędziami do oceny projektów inwestycyjnych, gdzie można prosto zinterpretować wyniki i ewentualnie przedsięwziąć pewne akcje, np. prace poświęcone TRM. Komercyjne narzędzia również opierają się na prostych wzorcach użytkowych (np. Dodatek 0.3).

Propozycja autora dotycząca zastosowania hybrydowego systemu decyzyjnego bazującego na dynamicznym użytkowaniu wymienionych w *Rozdziale drugim* wzorców funkcjonowania SWD, znakomicie sprawdziła się w przypadku planowania strategicznego z użyciem narzędzi transferu technologii. Konieczność dokonania fuzji informacji, danych oraz wiedzy pozyskanej z różnych źródeł o różnych współczynnikach ufności, stanowi podstawę konstrukcji portfeli technologicznych. Dostęp do tej wiedzy wraz z usprawnieniem procesów informacyjnych ułatwia uzyskanie pozycji konkurencyjnej dzięki wdrażaniu nowych technologii. Dodatkowym atutem opracowanego rozwiązania jest możliwość współdzielenia wiedzy pomiędzy wszystkich zainteresowanych procesem decyzyjnym zgodnie z nadanymi uprawnieniami w środowisku rozproszonym. Wiedza staje się elementem realnego obrotu (także za wynagrodzeniem) pomiędzy wszystkich partnerów projektu lub może być zbywana podmiotom trzecim na różnych zasadach (np. barter). Transfer technologii jest specyficznym obszarem problemowym, z uwagi na subtelność oraz poufność realizacji całego procesu. Współdzielenie informacji oraz wiedzy w środowisku wewnętrznym oraz zewnętrznym ma zapewnić ciągły dostęp do wiedzy na cele decyzyjne. W tym przypadku dostęp do wiedzy i informacji nabiera szczególnego znaczenia i staje się krytyczny dla organizacji.

Do struktury systemu wprowadzono również komponenty pozwalające na akwizycję informacji w sposób półautomatyczny, umożliwiające wstępne przetwarzanie oraz filtrowanie pozyskanej wiedzy (komponent akwizycji oraz dyfuzji wiedzy). Zgodnie z uwagami poczynionymi w *Rozdziale trzecim* i w *Rozdziale czwartym*, użytkowanie ontologii jako mechanizmu opisu wiedzy pozwala na swobodne współdzielenie i integrację wiedzy wśród różnych interesantów procesu decyzyjnego w środowisku rozproszony. Badania zawarte w *Rozdziale szóstym* potwierdzają, że tylko pewna część wiedzy uzyskanej w ramach procesu decyzyjnego stanowi informacje poufne danej organizacji (nie można ich dystrybuować). Większość wiedzy może być przedmiotem obrotu zgodnie z celami organizacji wytwarzającej tę wiedzę (także odpłatnie).

W przekonaniu autora, punktem krytycznym dla każdego systemu wspomagania decyzji jest dostęp do właściwej jakościowo wiedzy. Udostępnienie metod akwizycji zasobów informacyjnych, a także jej selekcji w kontekście procesów uczenia organizacji, pozwala na budowę dobrych jakościowo modeli opisu otoczenia badanego podmiotu. Koherentne użytkowanie różnych mechanizmów, tj. SZD, metod wielokryterialnych, inżynierii finansowej oraz metod oceny ryzyka pozwala na zaproponowanie potencjalnym beneficjentom zespołu procedur oraz dobrych praktyk wspomagających proces podejmowania decyzji w transferze technologii dla technologii informatycznych. Jednym z takich elementów pracy było zaadoptowanie metody roadmappingu technologicznego do celów podejmowania decyzji w transferze technologii wraz z wprowadzeniem nowych procedur oraz algorytmów usprawniających ten proces. Proces ten częściowo zautomatyzowano przez zastosowanie szeregu mechanizmów zarządzania wiedzą oraz uzupełniono o komponenty wspomagające fuzję wiedzy na potrzeby analityczne przez odpowiednie metody systemu informatycznego. Dodatkowo przygotowane procedury posiadają charakter otwarty i należy je interpretować jako wskazówki dla osób wdrażających SWD tego typu (dostarczono odpowiednie mechanizmy programowe ich modyfikacji).

Pewnym „novum” dla metod planistycznych powiązanych z roadmappingiem technologicznym jest stosowanie dedykowanych algorytmów tworzących plan strategiczny i operacyjny z wykorzystaniem metod sterowania optymalnego. Ten element szczególnie wpływa na usprawnienie procesu podejmowania decyzji. W klasycznej formie RM jest procesem w pełni eksperckim, a opracowanie modelu w formie mapy drogowej i jej analiza odbywa się wyłącznie na poziomie ekspertów oraz interesariuszy (często z wykorzystaniem dyskusji panelowej). W tym względzie, autor rozszerzył metodologię klasyczną forsowaną przez wielu badaczy o: dedykowane elementy wspomagania decyzji (procedury) oraz odpowiednie metody zaimplementowane w systemie informatycznym wspomagających ten proces logistycznie i operacyjnie (metody i narzędzia informatyczne). Poprawność proponowanych rozwiązań przez autora została doceniona przez innych autorów zajmujących się tematyką RM. W tym kontekście można wymienić między innymi umieszczenie prac autora w bazie prac naukowych poświęconych tematyce roadmappingu (Robert Phaal, Centre for Technology Management University of Cambridge): <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/>, czy cytowania przykładowo w pracy [354], itd.

Poprawność stosowania nowych koncepcji we wszystkich obszarach implementacji metodologii została potwierdzona praktyczną weryfikacją funkcjonalności i cech użytkowych systemu, zgodnie z przyjętymi założeniami. Obecnie zaproponowane metody planowania strategicznego w obszarze transferu technologii nie odgrywają jeszcze znaczącej roli, jednak zdaniem autora, sama potrzeba wzrostu konkurencyjności rynków oraz wpływ Unii Europejskiej wymusi na licznych podmiotach poszukiwanie agresywniejszych metod wdrażania transferu technologii we własnej działalności operacyjnej.

7.3 Najważniejsze oryginalne wyniki pracy

Rozprawa stanowi efekt pracy poszukiwania adekwatnych metod informacyjnych i architektury systemu informatycznego pozwalających na aktywne użytkowanie metod transferu technologii w różnych typach podmiotów dla technologii informatycznych. Pewne rezultaty prac z tego zakresu były publikowane w czasopismach naukowych, gdzie do najważniejszych należą: [7], [8], [77], [76], [62], [61, 75], [20].

Według autora najistotniejsze oryginalne wyniki pracy stanowią:

- zastosowanie wielokryterialnych metod sterowania optymalnego jako podstawy analizy strategicznej wspomagającej proces podejmowania decyzji w transferze technologii dla technologii informatycznych [str. 130],
- rozszerzenie oceny technologicznej w obszarze implementacji metod analitycznych o elementy inżynierii finansowej wraz z opcjami rzeczywistymi [str. 151 i 237],
- opracowanie dedykowanych metod modelowania zagadnienia problemowego wiedzy w oparciu o teorię systemu zdarzeń dyskretnych oraz o teorie hipergrafów (również jako element kodowania wiedzy) [str. 130],
- opracowanie modelu dynamicznego SWD dla zagadnień TT oraz jego weryfikacja [str. 77, 175],
- opracowanie wzorcowych architektury hybrydowego systemu wspomagania decyzji dla zagadnień TT oraz jego weryfikacja [str. 88, 175],
- zaprojektowanie dedykowanych metod współdzielenia oraz integracji wiedzy na potrzeby procesu wspomagania decyzji w transferze technologii [str. 105],
- opracowanie metodologii planowania strategicznego i operacyjnego w transferze technologii dla technologii informatycznych z wykorzystaniem metod opartych o roadmapping technologiczny [str. 91, 68, 245].

7.4 Proponowane scenariusze dalszego rozwoju opracowanego SWD

Dokonując implementacji proponowanego rozwiązania oraz podczas praktycznych testów zauważono także obszary kompetencyjne mogące stanowić przedmiot dalszych badań. Udostępnienie potencjalnym użytkownikom nowych mechanizmów pozwalających na bardziej złożoną analizę problemu decyzyjnego oraz przetwarzanie wiedzy na wyższym poziomie abstrakcji powinno pozytywnie wpłynąć na: jakość procesu decyzyjnego, jego szczegółowość oraz obniżenie kosztów realizacji całego przedsięwzięcia.

W opracowanym i zaimplementowanym rozwiązaniu systemu wspomagania decyzji konieczne są dalsze prace związane z dostarczeniem nowych i uelastycznieniem istniejących narzędzi związanych z zarządzaniem wiedzą (akwizycja i dyfuzja wiedzy). Rozwinięcie metod automatycznego gromadzenia i przetwarzania wiedzy powinno stać się priorytetem. Fakt ten wynika z dużego zapotrzebowania na zasoby informacji dobrych jakościowo w tego typu systemach. Wprawdzie dokonano implementacji wskazanych narzędzi, lecz w przedstawionym zagadnieniu problemowym pomocna może być większa autonomia i automatyzacja tych komponentów. Moduł akwizycji wiedzy może przybrać formę rozwiązań wieloagentowych dokonujących ekstrakcji wiedzy obecnej w medium internetowym. Wiedza pozyskana w ten sposób może być automatycznie agregowana i filtrowana celem zabezpieczenia procesu decyzyjnego na każdym z tych etapów (np. model: *just in time knowledge*). Konieczne są również pewne czynności optymalizujące i usprawniające działanie aplikacji web oraz modułów z nią powiązanych. Środowiska duże, typu korporacyjnego wymagają rozwiązań pozwalających na obsługę dużych wolumenów danych. Dodatkowo, konieczne są prace nad uzupełnieniem mechanizmów bezpieczeństwa szczególnie w kontekście współdzielenia wiedzy.

Z punktu widzenia autora zbudowany model systemu w architekturze otwartej od strony programowej umożliwia tworzenie nowych metod dla poszczególnych modułów oraz narzędzi usprawniających proces decyzyjny. Wdrażając przedstawiony model systemu w środowisku

produkcyjnym beneficjent ma wpływ na zakres oraz sposób stosowania tego narzędzia. Odnosi się to również do tworzenia narzędzi rozszerzających jego funkcjonalności, które mogą stanowić element dystrybuowany w oparciu o różne schematy, np. odpłatnie.

Roadmapping w wielu kwestiach jest spójny z metodą sterowania predykcyjnego *MPC* (ang. *Model Predictive Control*)[355]. Metodę MPC stosuje się do optymalnego sterowania systemami dynamicznymi. Wskazaną problematykę w obszarze zastosowań technologicznych przedstawiono między innymi w pracach: Comacho i Alba [356], Geyera i in. [357], Bauera i Craig [358], Wiltbanka i in. [359] i wielu innych. Poprawne rozwiązanie problemu roadmappingu należy utożsamiać z implementacją MPC o zdefiniowanym horyzoncie czasowym zgodnym z oknem predykcji. Metodę MPC w prezentowanym zagadnieniu należy kojarzyć z identyfikacją samych elementów struktury jak, ich dynamiką, czy interakcją. Finalnie tak powstały model systemu SI pozwala na wypracowanie strategii zarządzania tym systemem. Powyższe spostrzeżenie odnośnie MPC może stanowić istotny przyszły obszar badań dla rozwoju metod roadmappingu technologicznego.

Cała koncepcja komplementarnych metod planowania strategicznego, w przekonaniu autora, daje mocną podstawę do rozszerzenia funkcjonalności opracowanego SWD oraz dodania nowych możliwości, celem implementacji tego rozwiązania na nowych polach problemowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Gazińska, M., Mojsiewicz, M.: Nauka i Technika 2010. GUS, Szczecin (2012)
2. Mazurek-Kucharska, B., Block, A., Wojtczuk-Turek, A.: Społeczne determinanty innowacyjności przedsiębiorstw. Pentor International Research, Warszawa, Polska (2008)
3. Borozan, D., Barkovic, I., Maliszewska-Nienartowicz, J.: Government policies supporting SME development: Croatian and Polish perspective. Enterprise in Transition: International Conference Proceedings, str. 1455-1471. Enterprise in Transition, (2005)
4. Vesset, D., McDonough, B., Wardley, M., Schubmehl, D.: Worldwide Business Analytics Software 2012–2017 Forecast and 2012 Vendor Shares. IDC (2012)
5. Skulimowski, A. (red.): Podstawowe trendy rozwojowe społeczeństwa informacyjnego P&B Fundacja, Kraków (2013)
6. Skulimowski, A. (red.): Trendy i scenariusze rozwoju wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego. P&B Fundacja, Kraków (2016)
7. Skulimowski, A., Pukocz, P.: Roadmapping technologiczny jako podstawa wdrożenia rezultatów foresightu w praktyce. Skulimowski, A. (red.) Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego str. 542–559. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2013)
8. Pukocz, P.: Innowacje, transfer technologii i polityka proinnowacyjna w Polsce. Skulimowski, A. (red.) Transfer Technologii w Informatyce i Automatyce. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków, Polska (2006)
9. Kaczorowski, B. (red.): Słownik wyrazów Obcych. PWN, Warszawa, Polska (2001)
10. Agarwal, P., Kiran, R., Verma, A.: Key features of research portal for stimulating research in institutions of higher technical education. Eurasian Journal of Educational Research (EJER) 48 1, str. 155-174 (2012)
11. von Neumann, J., Morgenstern, O.: Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, Princeton, USA (1944)
12. Drucker, P.: The Practice of Management. Collins, London, UK (1993)
13. Herbert, S.: Administrative Behavior: a Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization. Free Press, New York, USA (1976)
14. Chandler, A.: Strategy and structure: chapters in the history of american industrial enterprise. MIT Press, Cambridge, UK (1962)
15. Hampton, D.: Management. McGraw-Hill, New York, USA (1986)
16. Steiner, G., Miner, J., E., G.: Management Policy and Strategy. McMillan Publishing, New York, USA (1986)
17. Penc, J.: Strategie zarządzania. Perspektywiczne myślenie. Systemowe działanie. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, Polska (1994)
18. Poter, M.E.: How Competitive Forces Shape Strategy. ^Harvard Business Review 59, str. (1979)
19. Skulimowski, A.: Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights. Compano, R., Pascu, C. (red.) Prospects for a Knowledge-Based Society in the New Members States and Candidate Countries, str. 9-51. Publishing House of the Romanian Academy, Bukareszt (2006)
20. Skulimowski, A., Pukocz, P.: Enhancing Creativity of Strategic Decision Processes by Technological Roadmapping and Foresight. Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS), 2012 Seventh International Conference on, str. 223-230. IEEE, (Year)
21. Willyard, C., McClees, C.: Motorola's technology roadmap process. ^Research & Technology Magazine Sept.-Oct, str. 13–19 (1987)
22. Groenveld, P.: Roadmapping integrates business and technology: at Philips Electronics, roadmapping may be applied to systems, to a product range, to individual projects, to components, or to production processes. Research-Technology Management 50 6, str. 49-58 (2007)
23. Lockheed: Lockheed martin government electronic systems. Best Manufacturing Practices. Martin, Lockheed (1995)
24. LMGES: Lockheed Martin Government Electronic System. Centre of Excellence for Best Manufacturing Practices, Lockheed (1995)
25. Allan, A., Edenfeld, D., Joyner, W., Kahng, A., Rodgers, M., Zorian, Y.: 2001 Technology Roadmap for Semiconductors. Computer 35 1, str. 42 - 53 (2002)

26. Edenfeld, D., Kahng, A., Rodgers, M., Zorian, Y.: 2003 technology roadmap for semiconductors *Computer* 37 1, str. 47 - 56 (2004)
27. Bicking, M., Wimmer, M.: Concept to Integrate Open Collaboration in Technology Roadmapping: Stakeholder Involvement in Strategic E-Government Planning. *Proceedings of the 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences*, str. 1-12. IEEE, (Year)
28. Yasunaga, Y., Watanabe, M., Korenaga, M.: Application of technology roadmaps to governmental innovation policy for promoting technology convergence. *Technological Forecasting and Social Change* 76 1, str. 61-79 (2009)
29. Geum, Y., Lee, H., Lee, Y., Park, Y.: Development of data-driven technology roadmap considering dependency: An ARM-based technology roadmapping. *Technological Forecasting and Social Change* 91 1, str. 264-279 (2015)
30. Komssi, M., Kauppinen, M., Tohonon, H., Lehtola, L., Davis, A.: Roadmapping problems in practice: value creation from the perspective of the customers. *Requirements Engineering* 20 1, str. 45-69 (2015)
31. Lee, C., Song, B., Park, Y.: An instrument for scenario-based technology roadmapping: How to assess the impacts of future changes on organisational plans. *Technological Forecasting and Social Change* 90 1, str. 285-301 (2015)
32. Chowdhury, A., Thien, M.: Applications of Technology Roadmapping to Planning and Building Systems for Medicine and Vaccine Manufacturing. *Computer Aided Chemical Engineering* 31 1, str. 41-50 (2012)
33. Zhang, Y., Zhou, X., Porter, A.L., Vicente, G., Jose, M., Yan, A.: Triple Helix innovation in China's dye-sensitized solar cell industry: hybrid methods with semantic TRIZ and technology roadmapping. *Scientometrics* 99 1, str. 55-75 (2014)
34. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives. *The 4th International Conference on Managing Innovative Manufacturing Engineer*, str. 1-18. Centre for Technology Management, University of Cambridge, (Year)
35. Kindras, A., Meissner, D., Vishnevskiy, K.: Regional foresight for bridging national science, technology, and innovation with company innovation: experiences from Russia. *Journal of the Knowledge Economy* 8 31, str. 1-22 (2014)
36. MacKenzie, D., Donald, S., Harrington, M., Heil, R., Helms, T., Lund, D.: Methods in science roadmapping: How to plan research priorities. University of Maryland, College Park, USA (2002)
37. Petrick, I., Echols, A.: Technology roadmapping in review: a tool for making sustainable new product development decisions. *Technological Forecasting and Social Change* 71 1-2, str. 81-100 (2004)
38. Choomon, K., Leeprechanon, N.: a literature review on technology road-mapping: a case of power-line communication. *African Journal of Business Management* 5 14, str. 5477-5488 (2011)
39. Norin Arshed, J.F., Raluca Bunduchi: Technology Roadmapping and SMEs: a Literature Review. University of Strathclyde Business School (2012)
40. Blackwell, A., Phaal, R., Eppler, M., Crilly, N.: Strategy roadmaps: new forms, new practices. Gem, S., Howse, J., Lee, J. (red.) *Diagrammatic Representation and Inference*, str. 127-140. Springer Berlin Heidelberg, Herrsching, Niemcy (2008)
41. Ioannou, C., Panagiotopoulos, P., Stergioulas, L.: Roadmapping as a Collaborative Strategic Decision-Making Process: Shaping Social Dialogue Options for the European Banking Sector. *Engineering and Technology* 30 1, str. 765-771 (2009)
42. Schuh, G., Aghassi, S., Orilski, S., Schubert, J., Bambach, M., Freudenberg, R., Hinke, C., Schiffer, M.: Technology roadmapping for the production in high-wage countries. *Production Engineering* 5 1, str. 463-473 (2011)
43. Kerr, C., Phaal, R., Probert, D.: Addressing the cognitive and social influence inhibitors during the ideation stages of technology roadmapping workshops. *Management of Engineering & Technology*, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference, str. 2475-2483. IEEE, (2009)
44. Phaal, R., O'Sullivan, E., Routley, M., Ford, S., Probert, D.: a framework for mapping industrial emergence. *Technological Forecasting and Social Change* 78 1, str. 217-230 (2011)
45. Routley, M., Phaal, R., Probert, D.: Exploring industry dynamics and interactions. *Technological Forecasting and Social Change* 80 6, str. 1147-1161 (2012)
46. Teece, D., Pisano, G., Shuen, A.: Dynamic capabilities and strategic management. *Strat. Mgmt. J.* 18 7, str. 509-533 (1997)

47. Walsh, S.: Roadmapping a disruptive technology: a case study: The emerging microsystems and top-down nanosystems industry. *Technological Forecasting and Social Change* 71 1–2, str. 161-185 (2004)
48. Gregory, M.: Technology management: a process approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Proceedings of the 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences* Institution of Mechanical Engineers 209 1, str. 347–356 (1995)
49. Drejer, A.: The discipline of management of technology, based on considerations related to technology. *Technovation* 5 17, str. 253–265. (1997)
50. DeGregorio, G.: technology management viaa set of dynamically linked roadmaps. *Motorola, Inc., Motorola Labs* (2000)
51. Grossman, D.: Putting technology on the road. *Research Technology Management* 47 2, str. 41-41 (2004)
52. Larsson, A.: How can R&D strategy be shaped, integrated and monitored to support corporate strategy?: a Theoretical framework. *Business Administration and Social Sciences / Industrial Organization*, Lulea, Szwecja (2004)
53. Rinne, M.: Technology roadmaps: Infrastructure for innovation. *Technological Forecasting and Social Change* 71 1–2, str. 67-80 (2004)
54. Barker, D., Smith, D.: Technology foresight using roadmaps *Long Range Planning* 2 28, str. 21-28 (1995)
55. Farrukh, C., Phaal, R., Probert, D.: Tools for technology management: dimensions and issues. *Management of Engineering and Technology*, 1999. *Technology and Innovation Management. PICMET '99. Portland International Conference* 1 1, str. 9-10 (1999)
56. Kostoff, R., Boylan, R., Simons, G.: Disruptive technology roadmaps. *Technological Forecasting and Social Change* 71 1–2, str. 141-159 (2004)
57. Groenveld, P.: Roadmapping Integrates Business and Technology. *Research Technology Management* 40 5, str. 48-55 (1997)
58. Probert, D., Canez, L., Phaal, R.: Technology foresight as a key element in make-or-buy strategy. *International Journal of Thermal Sciences* 1 1, str. 236-236 (1999)
59. Firat, A.K., Woon, W.L., Madnick, S.: *Technological Forecasting – a Review*. MIT (2008)
60. Skulimowski, A.: Metody roadmappingu i foresightu technologicznego *Chemik : nauka-technika-rynek* 42 5, str. 197-204 (2009)
61. Skulimowski, A., Pukocz, P.: On-line Technological Roadmapping as a Tool to Implement Foresight Results in IT Enterprises. *Internet – technical developments and applications* 2, *Advances in intelligent and Soft Computing* 2 1, str. 95–111 (2012)
62. Skulimowski, A., Pukocz, P.: Computer assisted affordable technological roadmapping. *1st UNITE doctoral symposium : 27th–28th June Politehnica of Bucharest* 1 1, str. 93–100 (2011)
63. Galvin, R.: Science Roadmaps. *Science* 280 5365, str. 803 (1998)
64. Lehtola, L.: Linking the business view to requirements engineering: long-term product planning by roadmapping. *Requirements Engineering*, 2005. *Proceedings. 13th IEEE International Conference*, str. 439-443. IEEE, Paryż, Francja (Year)
65. Fleuryl, A., Hunte, F., Spinolal, M., Probert, D.: Customizing the Technology Roadmapping Technique for Software Companies. *PICMET 2006 Proceedings*, str. 1528-1538. IEEE, (2006)
66. Kim, H.Y., Park, Y.T.: Development and Application of Web-Based Technology Roadmap : QFD and Scenario Planning Approach. *College of Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea* (2004)
67. McMillan, A.: Roadmapping - agent of change: implementation of a technology roadmapping process resulted in the systematic integration of technology management processes within Rockwell Automation. *Engineering Management Review, IEEE* 31 3, str. 46-46 (2003)
68. Sematech: *Metrology Roadmap: a Supplement to the National Technology Roadmap for Semiconductors*. Sematech (1995)
69. Brewer, J.: a new and improved roadmap. *Circuits and Devices Magazine, IEEE* 14 2, str. 13-18 (1998)
70. Moghaddam, N., Sahafzadeh, M.: Technology Research Roadmapping: The Case Study of Membrane Technology in Iranian<p>Petrochemical Industry. *Management Science And Engineering* 4 3, str. 128-137 (2010)
71. Amadi-Echendu, J., Lephauphau, O., Mkhize, M., Maswanganyi, M.: Case studies of technology roadmapping in mining. *Journal of Engineering and Technology Management* 28 1, str. 23-32 (2011)

72. Kajikawa, Y., Kikuchi, Y., Fukushima, Y., Koyama, M.: Utilizing risk analysis and scenario planning for technology roadmapping: a case in energy technologies. *Technology Management in the Energy Smart World (PICMET)*, 2011 Proceedings of PICMET '11: IEEE, Portland, USA (2011)
73. Probert, D., Radnor, D.: Frontier experiences from industry-academia consortia: corporate roadmappers create value with product and technology roadmaps. *Research-Technology Management* 46 2, str. 27-30 (2003)
74. strona internetowa: P&B Fundacja, <http://roadmapping.pl/>, dostęp: 12.05.2017
75. Skulimowski, A., Pukocz, P.: On-line Technological Roadmapping as a Tool to Implement Foresight Results in IT Enterprises. Kapczyński, A., Tkacz, E., Rostański, M. (red.) *Internet – technical developments and applications 2, Advances in Intelligent and Soft Computing*, str. 95–111. Heidelberg: Springer-Verlag, 2012., Berlin, Niemcy (2012)
76. Skulimowski, A., Pukocz, P.: Systemy wspomagania decyzji strategicznych oparte na roadmappingu technologicznym. *PAR Pomiar Automatyka Robotyka* 15 12, str. 165–172 (2011)
77. Skulimowski, A., Pukocz, P.: Roadmapping Technologiczny jako schemat organizacyjny dla pronozowania scenariuszowego i planowania inwestycji proinnowacyjnych. AGH (2008)
78. Keen, P., Scott-Morton, M.: *Decision Support Systems: an organizational perspective*. Addison-Wesley Publishing, Boston, USA (1978)
79. Sprague, R., Carlson, D.: *Building Effective Decision Support System*. Prentice-Hall, New Jersey, USA (1982)
80. Turban, E., Aronson, J.: *Decision Support and Intelligent systems*. Prentice-Hall International, Upper Saddle River, New Jersey (1998)
81. Czerni, M., Pukocz, P., Skulimowski, A.: Trendy rozwojowe systemów wspomagania decyzji – analiza bibliometryczna. Skulimowski, A. (red.) *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego* str. 103–139. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2013)
82. Skulimowski, A., Badecka, I., Czerni, M., Klamka, J., Kluz, D., Ligęza, A., Okoń-Horodyńska, E., Pukocz, P., Rotter, P., Szymłak, E., Tadeusiewicz, R., Wiśła, R.: *Trendy i scenariusze rozwoju wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego* Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2016)
83. Pukocz, P., Skulimowski, A.: Tworzenie rankingów projektów innowacyjnych w oparciu o metody analizy wielokryterialnej. Skulimowski, A. (red.) *Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów projektów inwestycyjnych*, str. 216–218. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2014)
84. Pukocz, P., Skulimowski, A.: Zastosowanie analizy wielokryterialnej do wyboru i szeregowania projektów technologicznych Andrzej, S. (red.) *Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów projektów finansowanych ze środków publicznych*, str. 187–223. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2011)
85. Zadura-Lichota, P.: *Innowacyjna przedsiębiorczość w Polsce: odkryty i ukryty potencjał polskiej innowacyjności*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa, Polska (2015)
86. Barski, R., Matusiak, K., Guliński, J.: *System transferu technologii i komercjalizacji wiedzy w Polsce: siły motoryczne i bariery*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa, Polska (2010)
87. Alter, S.: *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge*. Addison-Wesley, Reading, USA (1980)
88. Alter, S.: a work system view of DSS in its fourth decade. *Decision Support Systems* 38 3, str. 319–327 (2004)
89. Donovan, J., Madnick, S.: Institutional and Ad Hoc DSS and Their Effective Use. *Data Base* 3 8, str. (1997)
90. Hackathorn, R., Keen, P.: Organizational Strategies for Personal Computing in Decision Support Systems. *MIS Quarterly* 3 5, str. 21-26 (1981)
91. Urban, G.: SPRINTER: a Tool for New Products Decision Makers. *Industrial Management* 2 8, str. 43-54 (1967)
92. Engelbart, D.: *Augmenting Human Intellect: a Conceptual Framework*. Stanford Research Institute, Menlo Park, USA (1962)
93. Bonczek, R., Holsapple, C., Whinston, A.: *Foundations of Decision Support Systems*. Academic Press, New York, USA (1981)
94. Power, D.: What are the features of a data-driven DSS? *DSS News* 8 4, str. 2-15 (2007)

95. Klaas, R., Weiss, C.: An analytical information management system-users guide. American Airlines, Inc. (1972)
96. Taplin, M.: AAIMS: American Airlines Answers the What Ifs. AAIMS 2 1, str. 40--41 (1973)
97. Klaas, R.: APL and Decision Support Systems. 14 5, str. 3-4 (1976)
98. Watson, H., Rainer, R., Koh, C.: Executive Information Systems: a Framework for Development and a Survey of Current Practices. MIS Quarterly 15 1, str. 13-30 (1991)
99. Salmeron, J., Herrero, I.: An AHP-based methodology to rank critical success factors of executive information systems. Computer Standards & Interfaces 1 28, str. 1-12 (2005)
100. Mayer, J.: How Service Orientation Can Improve the Flexibility of Executive Information Systems- An Architecture Reworked from a Business Perspective. Service-Oriented Perspectives in Design Science Research: 6th International Conference, str. 306-320. Springer (2011)
101. Razali, R., Kamaruddin, M.: Executive Information Systems (EIS) Implementation for Education Management - a Conceptual Framework. Proceedings of the 5th European Conference on Information Management and Evaluation, str. 420-427. Thomson ISI, (Year)
102. Salmeron, J.: EIS Success: Keys and difficulties in major companies. Technovation 1 23, str. 35-38 (2003)
103. Houdeshel, G., Watson, H.: The Management Information and Decision Support (MIDS) System. 11 1, str. 127-140 (1987)
104. Rockart, J., Treacy, M.: The CEO Goes On-Line. January-February, str. 82-88 (1982)
105. Watson, H., Houdeshel, G., Rainer, R.: Building Executive Information Systems and other Decision Support Applications. John Wiley, New York, USA (1997)
106. Arnott, D., Jirachieppattana, W., O'Donnell, P.: Executive information systems development in an emerging economy. Decision Support Systems 4 42, str. 2078-2084 (2007)
107. Salmeron, J., Luna, P., Martinez, F.: Executive information systems in major companies: Spanish case study. Computer Standards and Interfaces 3 23, str. 195-207 (2001)
108. Bagad, V.: Management Information Systems. Prentice-Hall, New Jersey, USA (2009)
109. O'Brien, J.: Management information systems: Managing information technology in the internetworked enterprise. Irwin McGraw, New York, USA (1999)
110. Naranjo-Gil, D., Hartmann, F.: How CEOs use management information systems for strategy implementation in hospitals. Health policy 1 81, str. 29-41 (2007)
111. Caldelli, A., Parmigiani, M.: Management Information System – a Tool for Corporate Sustainability. Journal of Business Ethics 2 55, str. 159 - 171 (2004)
112. Codd, E., Codd, S., Salley, C.: Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate. Codd and Associates, San Ignacio, Belize (1993)
113. Usama, F., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P.: From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. ^Ai Magazine February, str. 37-54 (1996)
114. Armstrong, M., Densham, P., Rushton, G.: Architecture for a microcomputer based spatial decision support system. Second International Symposium on Spatial Data Handling. International Geographics Union, (Year)
115. Crossland, M., Wynne, B., Perkins, W.: Spatial Decision Support Systems: An overview of technology and a test of efficacy. Decision Support Systems 14 3, str. 219-235 (1995)
116. strona internetowa: Gcensus, <http://gcensus.stanford.edu/gcensus/index.html>, dostęp: 2016-02-03
117. strona internetowa: Google, http://earth.google.com/intl/pl/enterprise/earth_pro.html#comparison, dostęp: 2017-01-02
118. Sprague, R., Watson, H.: Decision support for management. Upper Saddle River. Prentice Hall, New Jersey, USA (1996)
119. Wanderer, T., Herle, S.: Creating a spatial multi-criteria decision support system for energy related integrated environmental impact assessment. Environmental Impact Assessment Review 52 1, str. 2-8 (2015)
120. Marston, L., Kelly, G., Hale, E., Clements, A., Hodge, A., Jimenez-Soto, E.: Cost analysis of the development and implementation of a spatial decision support system for malaria elimination in Solomon Islands. Malaria Journal 13 1, str. (2014)
121. Holsapple, C., Whinston, A.: Decision Support Systems: a Knowledge-Based Approach. MN: West Publishing, Minneapolis, USA (1996)

122. Power, D.: Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Greenwood/Quorum, Westport, USA (2002)
123. Swanson, E., Culnan, M.: Document-Based Systems for Management Planning and Control: a Classification, Survey, and Assessment. *MIS Quarterly* 2 4, str. 31-46 (1978)
124. Fedorowicz, J.: a Technology Infrastructure for Document-Based Decision Support Systems. *Decision Support Systems: Putting Theory into Practice*, str. 125-136. Prentice-Hall, New Jersey, USA (1993)
125. Sullivan, D.: Document Warehousing and Text Mining. Wiley Computer Publishing, New York, USA (2001)
126. Hall, W., Jones, M.: Document-based Knowledge Management in Global Engineering and Manufacturing Projects. *Document-Based Knowledge Management in Engineering & Manufacturing*, vol. 6, str. 8-13. GLOBEMEN, Finlandia (2002)
127. Jaeho, K., Woojong, S., Heeseok, L.: Document-based workflow modeling: a case-based reasoning approach. *Expert Systems with Applications* 2 23, str. 77-93 (2002)
128. Power, D.: Web-based Decision Support Systems. *DSstar, The On-Line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support* 33 2, str. 45-52 (1998)
129. Bhargava, H., Power, K., Sun, D.: Progress in Web-based decision support technologies. *Decision Support Systems* 3 43, str. 1083– 1095 (2007)
130. Powell, R.: a 10 Year Journey. *Data Management Review*. A-Team Group, Andover, UK (2001)
131. Bhargava, H., Krishnan, R., Müller, R.: Decision Support on Demand: Emerging Electronic Markets for Decision Technologies. *Decision Support Systems* 19 3, str. 193-214 (1997)
132. Bhargava, H., Power, D.: Decision Support Systems and Web Technologies: a Status Report. *Proceedings of the 2001 Americas Conference on Information Systems*. AMCIS (Year)
133. Morton, S.: Management Decision Systems: Computer-based support for decision making. Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston, USA (1971)
134. Little, J., Lodish, L.: a Media Planning Calculus. *Operations Research* 17 1, str. 1-35 (1969)
135. Little, J.: Brandaid, an On-Line Marketing Mix Model, Part 2: Implementation,. *Operations Research* 4 23, str. 656-673 (1975)
136. Execucom: IFPS User's Manual. Execucom (1980)
137. Saaty, T.: The Analytic Hierarchy Process: Planning Setting Priorities, Resource Allocation. McGraw-Hill New York, USA (1980)
138. Roeding, C., Purkert, G., Kindner, S., Muller, R.: *Secrets of Software Success: Management Insights from 100 Software Firms Around the World*. Harvard Business School Press, Harvard, UK (1999)
139. Sharda, R., Barr, S., McDonnell, J.: Decision Support Systems Effectiveness: a Review. *Management Science* 2 34, str. 139-159 (1988)
140. Power, D., Sharda, R.: Model-driven decision support systems: Concepts and research directions. *Decision Support Systems* 43 3, str. 1044– 1061 (2007)
141. Keefer, D., Kirkwood, C., Corner, J.: Perspective on Decision Analysis Applications, 1990–2001. *Decision Analysis* 1 1, str. 4–22 (2004)
142. Podinovski, V.: a DSS for multiple criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research* 113 1, str. 261-227 (1999)
143. Mateus, R., Ferreira, J., Carreira, J.: Multicriteria decision analysis (MCDA): Central Porto high-speed railway station. *European Journal of Operational Research* 1 187, str. 1-18 (2008)
144. Patchak, W.: Decision Analysis Software Survey 2012. *^OR/MS Today* October, str. 1-32 (2012)
145. Fourer, R.: Linear programming Survey 2013. *^OR/MS Today* June, str. 1-29 (2013)
146. Swain, J.: Simulation Software Survey 2009. *^OR/MS Today* December, str. 1-30 (2009)
147. Zhang, D., Cooper, W.: Pricing substitutable flights in airline revenue management. *European Journal of Operational Research* 197 3, str. 848-861 (2009)
148. Noone, B., Mattila, A.: Hotel revenue management and the Internet: The effect of price presentation strategies on customers' willingness to book. *International Journal of Hospitality Management* 2 28, str. (2009)
149. Dai, Y., Chao, X., Fang, S.-C., Nuttle, H.: Pricing in revenue management for multiple firms competing for customers. *International Journal of Production Economics* 1 98, str. 1-16 (2007)
150. Lankoski, L.: Cost and revenue impacts of corporate responsibility: Comparisons across sustainability dimensions and product chain stages. *Scandinavian Journal of Management* 1 25, str. 57-67 (2009)

151. Chauhan, S., Proth, J.-M.: Analysis of a supply chain partnership with revenue sharing. *International Journal of Production Economics* 1 97, str. 44-51 (2005)
152. Eom, S., Kim, E.: a survey of decision support system applications (1995–2001). *Journal of the Operational Research Society* 57 11, str. 1–15 (2005)
153. Boschian, V., Rezg, N., Chelbi, A.: Contribution of simulation to the optimization of maintenance strategies for a randomly failing production system. *European Journal of Operational Research* 3 197, str. 1142-1149 (2009)
154. Ramaekers, K.: a simulation optimisation approach for inventory management decision support based on incomplete information. *4OR* 1 7, str. 93 - 96 (2009)
155. Klein, M., Methlie, L.: *Knowledge-based Decision Support Systems with Applications in Business*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA (1995)
156. Goul, M., Henderson, J., Tonge, F.: The emergence of Artificial Intelligence as a Reference Discipline for Decision Support Systems Research. *Decision Sciences* 23 6, str. 1263-1276 (1992)
157. Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B.: *Recommender Systems Handbook*. Springer, New York, USA (2010)
158. Miller, G.: The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63 1, str. 81-97 (1956)
159. Lindsay, R., Buchanan, B., Feigenbaum, E., Lederberg, J.: *Applications of Artificial Intelligence for Organic Chemistry: The Dendral Project*. McGraw-Hill Book Company, New York, USA (1980)
160. Buchanan, B., Shortliffe, E.: *Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Addison-Wesley, Reading, UK (1994)
161. Shu-Hsien, L.: Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004. *Expert Systems with Applications* 1 28, str. 93-103 (2005)
162. strona internetowa: RuleWorks, <http://www.ruleworks.co.uk/mobat/r1-soar.htm>, dostęp: 01.02.2017
163. Zopounidis, C., Doumpos, M., Matsatsinis, N.F.: On the use of knowledge-based decision support systems in financial management: a survey. *Decision Support Systems* 3 20, str. 259-277 (1997)
164. Mockler, R.: *Knowledge-Based Systems for Management Decisions*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, USA (1989)
165. Kengpol, A.: Design of a decision support system to evaluate the investment in a new distribution centre. *International Journal of Production Economics* 1 90, str. 59-70 (2004)
166. Aramyan, L., Lansink, A., Verstegen, J.: Factors underlying the investment decision in energy-saving systems in Dutch horticulture. *Agricultural Systems* 94 str. 520-527 (2007)
167. Committee on Innovations in Computing and Communications: *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*. National Academy Press, Washington, USA (1999)
168. Yusupova, N., Shakhmametova, G., Dusalina, E.: Enterprises Monitoring for Crisis Preventing Based on Knowledge Engineering. Kovacs, G.L., Kochan, D. (red.) *Digital Product and Process Development Systems*, vol. 411, str. 343-353. Springer New York, USA (2013)
169. Yu, Q.: a new financial investment management method based on Knowledge Management. *Second International Symposium on Computational Intelligence and Design*, Vol 2, Proceedings, str. 341-344. IEEE, Changsha, China (Year)
170. Cheng, H., Lu, Y.-C., Sheu, C.: An ontology-based business intelligence application in a financial knowledge management system. *Expert Systems with Applications* 36 2, str. 3614-3622 (2009)
171. Wu, H., Li, J.: Knowledge-based Decision Support System (KBDSS) for Science & Medical of Chinese Olympic Teams. *Proceedings of the 2nd International Conference on Software Engineering, Knowledge Engineering and Information Engineering (Sekeie 2014)* 114 1, str. 87-90 (2014)
172. Joyner, R., Tunstall, K.: Computer Augmented Organizational Problem Solving. *Management Science* 17 4, str. B212-226 (1970)
173. Turoff, M.: Delphi Conferencing: Computer Based Conferencing with Anonymity. *Journal of Technological Forecasting and Social Change* 3 2, str. 159-204 (1970)
174. Hiltz, S., Turoff, M.: *Network Nation - Revised Edition: Human Communication via Computer*. The MIT Press, Massachusetts, USA (1993)
175. Gray, P.: The SMU decision room project. *Transactions of the 1st International Conference on Decision Support Systems*, str. 122-129. DSS, (Year)

176. Huber, G.: Group decision support systems as aids in the use of structured group management techniques. Transactions of the 2nd International Conference on Decision Support Systems, str. 96-103. DSS, (Year)
177. Turoff, M., Hiltz, S.: Computer support for group versus individual decisions. IEEE Trans. Communications COM-30 1, str. 82-90 (1982)
178. Hashemi, S.: The Plant Expert System (PLEXSYS) development environment. INTELLICORP., Electric Power Research Institute, Palo Alto, USA (1989)
179. Dickson, G., Poole, M., DeSanctis, G.: An Overview of the GDSS Research Project. Computer Augmented Teamwork: a Guided Tour, str. 163-179. New York: Van Nostrand Reinhold, New York: Van Nostrand Reinhold (1992)
180. Nunamaker, J., Dennis, J., George, J., Martz, W., Valacich, J., Vogel, D.: "GroupSystems" in Bosttrom. Computer Augmented, str. 143-162. Van Nostrand Reinhold, New York, USA (1992)
181. Kersten, G.: NEGOT - Group Decision Support System. Information and Management 8 5, str. 237-246 (1985)
182. Bui, T., Jarke, M.: Communications Design for Co-op: a Group Decision Support System. ACM Transactions on Office Information Systems 4 2, str. 81-103 (1986)
183. Kreamer, K., King, J.: Computer-based systems for cooperative work and group decision making. ACM Computing surveys 20 2, str. 115-146 (1988)
184. Gray, P., Mandviwalla, M.: New Directions for GDSS. Group Decision and Negotiation 1 8, str. 77 - 83 (1999)
185. Zuo, Y., Panda, B.: Two-level trust-based decision model for information assurance in a virtual organization. Decision Support Systems 2 45, str. 291-309 (2008)
186. Hoyt, J., Sherman, H.: Strategic groups, exit barriers and strategy decision constraints in high-tech companies. Journal of High Technology Management Research 2 15, str. 237-247 (2004)
187. Hsu-Shih, S., Liang-Chih, H., Huan-Jyh, S.: Recruitment and selection processes through an effective GDSS. Computers and Mathematics with Applications 10-12 50, str. 1543-1558 (2005)
188. Martinovski, B.: Emotion and Interactive Technology-Mediated Group Decision and Negotiation. Group Decision and Negotiation 3 18, str. 189 - 192 (2009)
189. French, S.: Web-enabled strategic GDSS, e-democracy and Arrow's theorem: a Bayesian perspective. Decision Support Systems 4 43, str. 1476-1484 (2007)
190. de la Rosa Troyano, F., López, M., Gasca, R.: Competitive intelligence based on social networks for decision making. International Journal of Software Engineering and Its Applications 4 4, str. 93-104 (2010)
191. Rodriguez, M., Steinbock, D.: Societal-Scale Decision Making Using Social Networks. International Journal of Software Engineering and Its Applications 1 str. 33-38 (2004)
192. Letaba, P., Pretorius, M.W., Pretorius, L.: Analysis of the intellectual structure and evolution of technology roadmapping literature. 2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), str. 2248-2254. IEEE, (Year)
193. Hitoshi, A., Takashi, A., Akihiko, S., Fumio, J., Hiraku, S.: Integrating business modeling and roadmapping methods – The Innovation Support Technology (IST) approach. Technological Forecasting & Social Change 76 1, str. 80–90 (2009)
194. Kamtsiou, V., Naeve, A., Stergioulas, L., Koskinen, T.: Roadmapping as a Knowledge Creation Process: The PROLEARN Roadmap. Journal of Universal Knowledge Management 1 3, str. 163-174 (2006)
195. Gehani, R.: Technology Roadmapping for Commercializing Strategic Innovations. Journal of Technology Management & Innovation 2 2, str. 31-45 (2007)
196. Galvin, R.: Roadmapping--A practitioner's update. Roadmapping: From Sustainable to Disruptive Technologies 71 1-2, str. 101-103 (2004)
197. Gerdri, N., Vatananan, R.: Dynamics of Technology Roadmapping (TRM) Implementation. Management of Engineering and Technology, Portland International Center 1 1, str. 1577-1583 (2007)
198. Holmes, C., Ferrill, M., Phaal, R.: Reasons for roadmapping: a study of the Singaporean SME manufacturing sector. Engineering Management Conference, 2004. Proceedings. 2004 IEEE International 2 3, str. 187-202. (2004)
199. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Developing a technology roadmapping system. Technology Management: a Unifying Discipline for Melting the Boundaries 1 1, str. 99-111 (2005)
200. Ligęza, A., Pukocz, P., Skulimowski, A.: Bazy wiedzy wspomagające proces foresightu technologii społeczeństwa informacyjnego Skulimowski, A. (red.) Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych

- technologii społeczeństwa informacyjnego str. 41–72. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2013)
201. Chmiel, W., Kadłuczka, P., Kwiecień, J., Filipowicz, B., Pukocz, P.: Strategic planning optimization using tabu search algorithm Skulimowski, A. (red.) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 364. Springer International Publishing, Kraków (2016)
 202. Martin, L.: Lockheed martin government electronic systems. *Best Manufacturing Practices*. (1995)
 203. Bray, O., Garcia, M.: *Fundamentals of Technology Roadmapping*. Sandia (1997)
 204. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Technology management tools: concept, development and application. *Technovation* 26 3, str. 336–344 (2006)
 205. Phaal, R., Farm, C., Mills, J., Probert, D.: Customizing the Technology Roadmapping Approach. *Management of Engineering and Technology*, 2003. PICMET '03. Technology Management for Reshaping the World. Portland International Conference, str. 361 - 369 IEEE, (Year)
 206. Eversheim, W., Brandenburg, F., Breuer, T., Hilgers, M., Rosier, C.: *The Innovation RoadMap Methodology*. *Innovation Management for Technical Products* str. 25-115. Springer-Verlag Berlin, Niemcy (2009)
 207. Gindy, N., Cerit, B., Hodgson, A.: Technology roadmapping for the next generation manufacturing enterprise. *Journal of Manufacturing Technology Management* 17 4, str. 404 - 416 (2004)
 208. Phaal, R., Muller, G.: Towards Visual Strategy: An Architectural Framework for Roadmapping. *Management of Engineering and Technology*, Portland International Center 1 1, str. 1584-1592 (2007)
 209. Phaal, R., Farrukh, C., Mitchell, R., Probert, D.: Starting-up roadmapping fast. *IEEE Engineering Management Review* 31 1, str. 54-54 (2003)
 210. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Characterisation of technology roadmaps: purpose and format. *Management of Engineering and Technology*, 2001. PICMET '01. Portland International Conference 2 1, str. 367-374 (2001)
 211. Phaal, R.: Technology roadmapping a planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change* 71 1-2, str. 5-26 (2004)
 212. Costa, O., Boden, M., Friedewald, M.: Science and Technology Roadmapping for Policy Intelligence: Lessons for Future Projects. *Proceedings of the The Second Prague Workshop on Futures Studies Methodology* 2 1, str. 146-161 (2005)
 213. EIRMA: *Technology roadmapping: delivering business vision*. EIRMA (1997)
 214. Sainio, L.-M., Puumalainen, K.: Evaluating technology disruptiveness in a strategic corporate context: a case study. *Technological Forecasting & Social Change* 74 str. 1315–1333 (2007)
 215. Vojak, B., Chambers, F.: Roadmapping disruptive technical threats and opportunities in complex, technology-based subsystems: The SAILS methodology. *Technological Forecasting and Social Change* 71 1, str. 121-139 (2004)
 216. Kahng, A.: Key Directions and a Roadmap for Electrical Design for Manufacturability. *Solid State Circuits Conference*, 2007. ESSCIRC 2007. 33rd European 33 1, str. 83-88 (2007)
 217. Geum, Y., Park, Y.: Development of technology roadmap for Product-Service System (TRPSS). *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2010 IEEE str. 410 - 414 IEEE, (2010)
 218. Wells, R., Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Technology Roadmapping for a Service Organization. *Research Technology Management* 47 2, str. 46-50 (2000)
 219. Zhang, T., Hui, X., Jiang, P., Zhang, H.: a method of technology roadmapping based on TRIZ. *Management of Innovation and Technology (ICMIT)*, 2010 IEEE International Conference 1 1, str. 51-54 (2010)
 220. Haddad, C., Uriona Maldonado, M.: a functions approach to improve sectoral technology roadmaps. *Technological Forecasting and Social Change* 115 str. 251-260 (2017)
 221. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Tools for technology management-structure, organisation and integration. *The IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* 1-2 1, str. 224-229 (2000)
 222. Kappel, T.: Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. *Product Innovation Management* 18 1, str. 39–50 (2001)
 223. Petrick, I., Guzman, R.: *Users manual web-based roadmapping administration*. Industrial & Manufacturing Engineering Penn State University (2003)
 224. Yoon, B., Phaal, R., Probert, D.: Morphology analysis for technology roadmapping: application of text mining. *R&D Management* 38 1, str. 51-68 (2008)

225. Lee, S., Yoon, B., Lee, C., Park, J.: Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping. *Technological Forecasting and Social Change* 76 1, str. 769-786 (2009)
226. Li, Y., Wang, L.: Exploring the evolutionary roadmapping of technological trajectory: Case study of Shimano. *Interaction Sciences (ICIS)*, 2011 4th International Conference, str. 124-128. Sage Publication, (2011)
227. Lee, S., Park, Y.: Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. *Technological Forecasting and Social Change* 72 5, str. 567-583 (2005)
228. Fleischer, T., Decker, M., Fiedeler, U.: Assessing emerging technologies—Methodological challenges and the case of nanotechnologies. *Technological Forecasting and Social Change* 72 9, str. 1112-1121 (2005)
229. Tang, A., de Boer, T., van Vliet, H.: Building roadmaps: a knowledge sharing perspective. *Proceedings of the 6th International Workshop on SHaring and Reusing Architectural Knowledge* 1 1, str. 13-20 (2011)
230. Gerdria, N., Kocaoglu, D.: Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping. *Mathematical and Computer Modelling* 46 1, str. 1071-1080 (2007)
231. Yuya, K., Osamu, U., Kazuaki, H., Yuko, Y., Katsumori, M.: Structure of knowledge in the science and technology roadmaps. *Technological Forecasting & Social Change* 75 1, str. 1-11 (2008)
232. Farrukh, C., Phaal, R., Probert, D.: Industrial practice in technology planning - implications for a useful tool catalogue for technology management. *Management of Engineering and Technology*, 2001. PICMET '01. Portland International Conference 1 1, str. 200-200 (2001)
233. Cichy, B., Kuźdzał, E., Skulimowski, A., Pukocz, P.: a prospective study of inorganic waste from Polish chemical industry. *Czasopismo Techniczne* 108 1, str. 31-42 (2011)
234. Steinmüllera, W.: Automated Information System in private and public administration. *Organizacja Metod i Technika* 9 1, str. 53 (1977)
235. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Customizing roadmapping. *IEEE Engineering Management Review* 32 1, str. 80-80 (2004)
236. Koźmiński, K., Piotrowski, W.: Zarządzanie: teoria i praktyka. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, Polska (1998)
237. Oleński, J.: Elementy ekonomiki informacji. Katedra Informatyki Gospodarczej i Analiz Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, Polska (2000)
238. Griffin, R.: Podstawy zarządzania organizacjami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Polska (1997)
239. Dissel, M., Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.: Value Roadmapping: a Structured Approach for Early Stage Technology Investment Decisions. *Technology Management for the Global Future*, 2006. PICMET 2006 3 1, str. 1488-1495 (2006)
240. Zhang, C., Zhao, T., Li, W.: The Framework of a Geospatial Semantic Web-based Spatial Decision Support System for Digital Earth. *International Journal of Digital Earth* 3 2, str. 111-134 (2010)
241. Skulimowski, A., Pukocz, P.: Badania tendencji rozwojowych technologii produktowych i procesowych. *Metody planowania strategicznego, Projekt badawczy zamawiany PW-004/ITE/01/2006 (KPR004)* Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business (2006)
242. Swain, J.: Power Tools for Visualization and Decision-Making. *OR/MS Today*. ORMS Today, Catonsville, USA (2001)
243. Beynon-Davies, P.: Database Systems. Macmillan Education, Gordonsville, USA (2003)
244. Skulimowski, A.: Optimal Control of a Class of Asynchronous Discrete-Event System. *Proceedings of the 11th IFAC World Congress August 1990*, str. 489-495. Pergamon Press, London., (Year)
245. Oliveira, M., Rozenfeld, H.: Integration of technology roadmapping and project portfolio management to improve the front-end of NPD process. *Management of Engineering & Technology*, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference, str. 2080-2089. IEEE, (2009)
246. Strauss, J., Radnor, M.: Roadmapping for dynamic and uncertain environments. *Research Technology Management* 47 2, str. 51-57 (2004)
247. Hakkarainen, K., Talonen, T.: Business Model Roadmapping - a Practitioner's Approach. *The XXIII ISPIIM Conference Action for Innovation: Innovating from Experience*, str. 1-14. ISPIIM, (2012)

248. Duckles, J.: Purdue's Center for Technology Roadmapping: a resource for research and education in technology roadmapping Engineering Management Conference, 2002. IEMC '02. 2002 IEEE International 2 1, str. 900 - 904 (2002)
249. Hendriks, P.: Why Share Knowledge? The Influence of ICT on the Motivation for Knowledge Sharing. Knowledge and Process Management 6 2, str. 91–100 (1990)
250. Guo, W.: Technology roadmapping as a new tool of knowledge management Control and Decision Conference (CCDC), 2010 Chinese, str. 1658 - 1661 IEEE, (2010)
251. Wierzbicki, A., Nakamori, Y.: Creative environments: Issues of creativity support for the knowledge civilization age. Springer Publishing Company, Berlin, Niemcy (2007)
252. Roth, C., Cointet, J.-P.: Social and semantic coevolution in knowledge networks. Social Networks 32 1, str. 16-29 (2010)
253. Navigli, R., Ponzetto, S.P.: BabelNet: building a very large multilingual semantic network. Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, str. 216-225. Association for Computational Linguistics, 1858704 (2010)
254. Wagner, C.: Exploring the Wisdom of the Tweets: Towards Knowledge Acquisition from Social Awareness Streams. Aroyo, L., Antoniou, G., Hyvönen, E., Teije, A., Stuckenschmidt, H., Cabral, L., Tudorache, T. (red.) The Semantic Web: Research and Applications, vol. 6089, str. 493-497. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Niemcy (2010)
255. Hendler, J.: Agents and the Semantic Web. Intelligent Systems, IEEE 16 2, str. 30 - 37 (2001)
256. Crow, L., Shadbolt, N.: Extracting focused knowledge from the semantic web. International Journal of Human-Computer Studies 54 1, str. 155-184 (2001)
257. Agarwal, S.: Semi-automatic Acquisition of Semantic Descriptions of Web Sites. Advances in Semantic Processing, 2009. SEMAPRO '09. Third International Conference, str. 103-108. IEEE, (Year)
258. Gliwa, B., Zygmunt, A., Koźlak, J., Cetnarowicz, K.: Application of text mining to analysis of social groups in blogosphere. Contucci, P., Menezes, R., Omicini, A., Poncela-Casasnovas, J. (red.) Complex Networks V, vol. 549, str. 285-293. Springer International Publishing, Dordrecht, Niemcy (2014)
259. Gliwa, B., Koźlak, J., Zygmunt, A., Cetnarowicz, K.: Models of social groups in blogosphere based on information about comment addressees and sentiments. Proceedings of the 4th international conference on Social Informatics, str. 475-488. Springer-Verlag, 2437782 (2012)
260. Opalinski, A., Turek, W., Cetnarowicz, K.: Scalable web monitoring system. Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2013 Federated Conference on, str. 1273-1279. IEEE, (Year)
261. Brügger, N.: Web archiving – between past, present, and future in the handbook of internet studies. Wiley-Blackwell, Oxford, UK (2011)
262. Pant, G., Srinivasan, P., Menczer, F.: Crawling the web. Web dynamics: Adapting to change in content, size, topology and use, str. 153–178. Springer, Berlin, Niemcy (2004)
263. Korytkowski, M., Scherer, R.: Modular Neuro-Fuzzy Systems Based on Generalized Parametric Triangular Norms. Wyrzykowski, R., Dongarra, J., Karczewski, K., Wasniewski, J. (red.) Parallel Processing and Applied Mathematics, vol. 6067, str. 332-339. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Niemcy (2010)
264. Doerr, M., Hunter, J., Lagoze, C.: Towards a core ontology for information integration. Journal of Digital Information 1 4, str. 1-22 (2003)
265. Buccella, A., Cechich, A., Brisaboa, N.: Ontology-Based Data integration. Encyclopedia of Database Technologies and Applications, str. 450-456. Idea Group Publishing, Aarhus, Dania (2005)
266. Kutz, O., Mossakowski, T., Galinski, C., Lange, C.: Towards a Standard for Heterogeneous Ontology. In International Conference on Terminology, Languages and Content Resources (LaRC-11). KATS (Year)
267. Perez, G., Benjamins, R.: Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. Ecological Entomology 6 1, str. 1-15 (1999)
268. Uschold, M., Gruuninger, M.: Ontologies and semantics for seamless connectivity. SIGMOD Record 33 3, str. 58-64 (2004)
269. Gruber, T.: Towards Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge. International Journal Human-Computer Studies 5 6, str. 1-13 (1995)
270. Kalfoglou, Y., Schorlemmer, M.: Ontology Mapping: the state of the art. The Knowledge Engineering Review 18 1, str. 1-31 (2003)
271. Noy, N.: Semantic Integration: a Survey Of Ontology-Based. SIGMOD Record 33 4, str. 65-70 (2004)

272. Baade, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D., Patel-Schneider, P.: The Description Logic Handbook. Cambridge University Press, Cambridge, UK (2003)
273. Stojanovic, L., Maedche, A., Motik, B., Stojanovic, N.: User-driven Ontology Evolution Management. Proceeding, Proceedings of the 13th European Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management EKAW. IEEE, (Year)
274. Klein, M.: Change Management for Distributed Ontologies. Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Holandia (2004)
275. Haase, P., Stojanovic, L.: Consistent Evolution of OWL Ontologies. Proceedings of ESWC, str. 182–197. Springer, (Year)
276. Novacek, V., Laera, L., Handschuh, S.: Semi-automatic Integration of Learned Ontologies into a Collaborative Framework. Proceedings International Workshop on Ontology Dynamics - IWOD 2007. IWOD, (Year)
277. Zablit, F.: Evolve: Towards Automatic Ontology Evolution. Knowledge Media Institute (2008)
278. Bolloju, N., Khalifa, M., Turban, E.: Integrating knowledge management into enterprise environments for the next generation decision support. Decision Support Systems 33 2, str. 163-176 (2002)
279. Grant, R.: Prospering in Dynamically-Competitive Environments: Organizational Capability as Knowledge Integration. Organization Science 7 4, str. 375-387 (1996)
280. Szydło, T., Zieliński, K.: Adaptive Enterprise Service Bus. New Gener. Comput. 30 2-3, str. 189-214 (2012)
281. Hansen, M., Nohria, N., Tierney, T.: What's your strategy for managing knowledge. The knowledge management yearbook 2001 1, str. 55-69 (2000)
282. Collins, J., Ketter, W., Gini, M.: Flexible decision support in dynamic inter-organisational networks. European Journal of Information Systems 19 1, str. 436-448 (2010)
283. Georgiadou, E., Siakas, K.: a dynamic model for improving knowledge sharing in virtual organisations. Industrial Stream of European Software Process Improvement EuroSPI 2009, str. 3.37 – 33.47. EuroSPI (2009)
284. Weber, R., Aha, D., Becerra-Fernandez, I.: Intelligent lessons learned systems. Expert Systems with Applications 20 1, str. 17–34 (2001)
285. Nicolici-Georgescu, V., Benatier, V., Lehn, R., Briand, H.: Ontology-Based Autonomic Computing for Decision Support Systems Management: Shared Ressources Allocation between Groups of Data Warehouses Communication Theory, Reliability, and Quality of Service (CTRQ), 2010 Third International Conference, str. 233 - 236 CTRQ, (2010)
286. Chai, J., Liu, J.: An Ontology-driven Framework for Supporting Complex Decision Process. Artificial Intelligence, World Automation Congress 2010, str. 2-7. IEEE, (2011)
287. Gruber, T.: The Role of Common Ontology in Achieving Sharable, Reusable Knowledge Bases. Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Second International Conference, str. 601-602. Morgan Kaufmann, (Year)
288. Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., Ikeda, M.: Task ontology for reuse of problem solving knowledge. Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing 1 1, str. 46-57 (1995)
289. Noy, F., McGuinness, D.: Ontology Development 101: a Guide to Creating Your First Ontology. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford, USA (2004)
290. F.B., K., Coudert, T., Béler, C., Geneste, L.: Knowledge formalization in experience feedback processes: An ontology-based approach. Computers in Industry 59 7, str. 694–710 (2008)
291. Nonaka, I., Takeuchi, H.: The knowledge-creating company. Oxford University Press, Inc, Boston, USA (1995)
292. strona internetowa: W3C, <http://www.w3.org/2004/OWL/>, dostęp: 12.03.2016
293. strona internetowa: W3C, <http://owlapi.sourceforge.net/>, dostęp: 12.03.2016
294. strona internetowa: Apache Jena, <http://jena.apache.org/>, dostęp: 01.01.2013
295. Ejigu, D., Scuturici, M., Brunie, L.: An ontology-based approach to context modeling and reasoning in pervasive computing,. PerCom Workshops '07, Fifth Annual IEEE International Conference, str. 14–19. IEEE, (2007)
296. Rockwell, J., Grosse, I., Krishnamurty, S., Wileden, J.: a Decision Support Ontology for Collaborative Decision Making in Engineering Design. Collaborative Technologies and Systems, 2009. CTS '09. International Symposium on str. 1 - 9 IEEE, (2009)

297. Chan, C.: Towards Ontology Construction for An Industrial Domain. Cognitive Informatics, 2004. Proceedings of the Third IEEE International Conference, str. 158 - 167. IEEE, (2004)
298. strona internetowa: W3C, <http://www.w3.org/TR/spargql11-query/>, dostęp: 12.03.2016
299. strona internetowa: Apache Jena, http://jena.apache.org/documentation/sdb/loading_performance.html#hardware, dostęp: 2015-12-03
300. Wegner D., Giuliano T., Hertel P. : Cognitive interdependence in close relationships. In: Ickes WJ Compatible and incompatible relationships . New York: Springer-Verlag ; 1985. pp. 253-276.: W., I. (red.) Compatible and incompatible relationships, str. 253-276. Springer-Verlag, New York: (1985)
301. Cassandras, C., Lafortune, S.: Introduction to Discrete Event Systems. Springer Science, New York, USA (2008)
302. Boel, R., Stremersch, G.: Discrete Event Systems: analysis and control. Kluwer Academic, New York, USA (2012)
303. Schuppen Von, J., Boutin, O., Kempker, P., Komenda, J., Masopust, T., Pambakian, N., Ran, A.: Control of distributed systems: Tutorial and overview. European Journal of Control 17 5, str. 579-602 (2011)
304. Zhu, M., Brooks, R.: Comparison of Petri Net and Finite State Machine Discrete Event Control of Distributed Surveillance Networks. Int. J. Distrib. Sens. Netw. 5 5, str. 480-501 (2009)
305. Aubry, J.F., Brinzei, N., Mazouni, M.-H., Aubry, J.-F., Brinzei, N., Mazouni, M.-H.: Comparison Petri Nets – Finite State Automaton. Systems Dependability Assessment, str. 25-33. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA (2016)
306. Seatzu, C., Silva, M., van Schuppen, J.: Control of discrete-event systems: automata and petri net perspectives. Springer Publishing Company, Incorporated, New York, USA (2012)
307. Yankov, D.: Discrete Event System Modeling of Demand Responsive Transportation Systems Operating in Real Time. University of South Florida, Florida, USA (2008)
308. Hrúz, B., Zhou, M.: Modeling and control of Discrete-Event Dynamic Systems: With petri nets and other tools. Springer, London, UK (2007)
309. Voloshin, V.I.: Introduction to graph and hypergraph theory. Nova Science Publishers, New York, USA (2009)
310. Gallo, G., Longo, G., Pallottino, S., Nguyen, S.: Directed hypergraphs and applications. Discrete applied mathematics 42 2, str. 177-201 (1993)
311. Diestel, R.: Directions in Infinite Graph Theory and Combinatorics. Elsevier - North Holland, New York, USA (1992)
312. Mealy, G.: a Method for Synthesizing Sequential Circuits. Bell System Technical Journal 34 5, str. 1045–1079 (1955)
313. Ramadge, P., Wonham, W.: Supervisory Control of a Class of Discrete Event Processes. SIAM Journal on Control and Optimization 25 1, str. 206-230 (1987)
314. Skulimowski, A.: Optimal Control of a Class of Asynchronous Discrete-Event Systems. IFAC World Congress. Pergamon Press, (Year)
315. Eppstein, D.: Finding the k shortest paths. SIAM Journal on computing 28 2, str. 652-673 (1998)
316. Hertling, S., Schröder, M., Jilek, C., Dengel, A.: Top-k Shortest Paths in Directed Labeled Multigraphs. Semantic Web Evaluation Challenge, str. 200-212. Springer, (Year)
317. Zabczyk, J.: Mathematical Control Theory – An introduction. Springer, Boston, USA (1995)
318. Moore, E.: Gedanken-experiments on Sequential Machines. Automata Studies, Annals of Math. Studies 34 1, str. 129-153 (1956)
319. Bellman, R.: Theory of Dynamic Programming. Rand Corporation, Santa Monica, USA (1954)
320. Sniedovich, M.: Dynamic Programming: Foundations and Principles. CRC Press, Boca Raton (2010)
321. Lew, A., Mauch, H.: Dynamic programming: a computational tool. Springer, Berlin, Niemcy (2007)
322. Denardo, E.: Dynamic programming: models and applicatios Dover Publications, Dover, USA (2003)
323. Yu, S.W., Gao, S.W., Sun, H.: a dynamic programming model for environmental investment decision-making in coal mining. Appl. Energy 166 str. 273-281 (2016)
324. Heckman, J.J., Raut, L.K.: Intergenerational long-term effects of preschool-structural estimates from a discrete dynamic programming model. J. Econom. 191 1, str. 164-175 (2016)
325. Falke, T., Schnettler, A.: Investment planning of residential energy supply systems using dual dynamic programming. Sust. Cities Soc. 23 str. 16-22 (2016)

326. Gong, J.Q., Qin, X.H.: The Dynamic Programming Model for Investment Decision of Enterprise. Yarlagadda, P., Choi, S.B., Kim, Y.H. (red.) Computer and Information Technology, vol. 519-520, str. 1468-1471. Trans Tech Publications Ltd, Stafa-Zurich (2014)
327. Koo, J., Koo, B., Shin, Y.: An optimal investment, consumption, leisure, and voluntary retirement problem with Cobb-Douglas utility: Dynamic programming approaches. Appl. Math. Lett. 26 4, str. 481-486 (2013)
328. Bertsekas, D.: Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific, Nashua, USA (2005)
329. Alden, J., Yano, C.: a forward dynamic programming approach for general uncapacitated multi-stage lot-sizing problems. University of Michigan (1986)
330. Herrera-Cáceres, C.A., Ibeas, A.: Model predictive control for a revenue account of a cash concentration and disbursements system. Control and Automation (MED), 2016 24th Mediterranean Conference on, str. 118-124. IEEE, (Year)
331. Bertsekas, D.: Affine monotonic and risk-sensitive models in dynamic programming. arXiv preprint arXiv:1608.01393 str. (2016)
332. Favato, G., Vecchiato, R.: Embedding real options in scenario planning: a new methodological approach. Technological Forecasting and Social Change str. (2016)
333. Krzyszkowska-Pytel, M., Okoń-Horodyńska, E., Skulimowski, A., Targiel, K., Trzaskalski, T., Pukocz, P.: Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków (2013)
334. Carraway, R., Morin, T., Moskowitz, H.: Generalized dynamic programming for multicriteria optimization. European Journal of Operational Research 44 1, str. 95–104 (1990)
335. Turner, L., Punnen, A., Yash, A., Hamacher, H.: On generalized balanced optimization problems. Mathematical Methods of Operations Research 73 1, str. 19-27 (2011)
336. Mafakheri, F., Breton, M., Ghoniem, A.: Supplier selection-order allocation: a two-stage multiple criteria dynamic programming approach. International Journal of Production Economics 132 1, str. 52-57 (2011)
337. Garey, M., Johnson, D.: Computers and Intractability: a Guide to the Theory of NP Completeness. W.H. Freeman, San Francisco, USA (1979)
338. Hansen, P.: Bicriterion path problems. Fandel, G., Gal, T. (red.) Multiple criteria decision making; str. 109–127. Springer, Berlin, Niemcy (1979)
339. Ehrgott, M.: Multicriteria Optimization. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Niemcy (2006)
340. Sawaragi, Y., Nakayama, H., Tanino, T.: Theory of Multiobjective Optimization. Academic Press, Cambridge, USA (1985)
341. Steuer, R.: Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application. Wiley, New York, USA (1989)
342. Brealey, R., Myers, S., Allen, F.: Principles of corporate finance. McGraw-Hill/Irwin, New York, USA (2008)
343. Garvey, P.: Analytical Methods for Risk Management: a Systems Engineering Perspective. Taylor & Francis, New York, USA (2008)
344. Pinto, C., Garvey, P.: Advanced Risk Analysis in Engineering Enterprise Systems. Taylor & Francis, New York, USA (2012)
345. Skulimowski, A.: Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets. Caballero, R., Ruiz, F., Steuer, R. (red.) Advances in Multiple Objective and Goal Programming, vol. 455, str. 282-290. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Niemcy (1997)
346. Trzaskalik, T.: Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem. PWN, Warszawa, Polska (2008)
347. strona internetowa: Pay Per Cloud Professional Services, <http://www.ppcproservices.com/hyper-v-versus-vmware-comparison.aspx>, dostęp: 2017-04-17
348. strona internetowa: DB-Engines Relational DB, <https://db-engines.com/en/ranking/relational+dbms>, dostęp: 2017-04-12
349. strona internetowa: DB-Engines RDF, https://db-engines.com/en/ranking_trend/rdf+store, dostęp: 2017-04-12
350. Netcraft: February 2016 Web Server Survey. Netcraft (2016)
351. Sage, A.P., Haimes, Y.Y.: Risk modeling, assessment, and management. John Wiley & Sons, New Jersey, USA (2015)

352. Zhang, Y., Robinson, D., Porter, A., Zhu, D., Zhang, G., Lu, J.: Technology roadmapping for competitive technical intelligence. *Technological Forecasting and Social Change* 110 str. 175–186
353. Arman, H., Gindy, N., Kabli, M., Cavin, S.: Integrated Technology Roadmapping Tool To Aid The Decision-Making Of R&D Investments. *International Journal of Innovation and Technology Management* 11 02, str. 1450006 (2014)
354. Mortara, L., Phaal, R., Kerr, C., Farrukh, C., Probert, D.: Tool fingerprinting: Characterising management tools. *Management of Engineering & Technology (PICMET)*, 2014 Portland International Conference on, str. 102-117. IEEE, (Year)
355. Camacho, E.F., Alba, C.B.: *Model Predictive Control*. Springer, London (2013)
356. Camacho, E., Alba, C.: *Model Predictive Control*. Springer London, UK (2013)
357. Geyer, T., Papafotiou, G., Morari, M.: Model predictive direct torque control—Part I: Concept, algorithm, and analysis. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on* 56 6, str. 1894-1905 (2009)
358. Bauer, M., Craig, I.: Economic assessment of advanced process control—A survey and framework. *Journal of Process Control* 18 1, str. 2-18 (2008)
359. Wiltbank, R., Read, S., Dew, N., Sarasvathy, S.: Prediction and control under uncertainty: Outcomes in angel investing. *Journal of Business Venturing* 24 2, str. 116-133 (2009)
360. Myers, S.: Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics* 2 5, str. 147-175 (1977)
361. Modigliani, F., Miller, M.: The Cost of Capital, Corporate Finance and the Theory of Investment. *American Economic Review* 48 1, str. 261-297 (1958)
362. Martzoukos, S., Zacharias, E.: Real option games with R&D and learning spillovers. *Omega* 41 2, str. 236-249 (2013)
363. Vanhaverbeke, W., Van de Vrande, V.: How prior corporate venture capital investments shape technological alliances: a real options approach. *Entrepreneurship Theory and Practice* 37 5, str. 1019–1043 (2012)
364. Carayannis, E., Sipp, C.: Why, when, and how are real options used in strategic technology venturing? *Journal of the Knowledge Economy* 1 2, str. 70-85 (2010)
365. Luehrman, T.: Strategy as a portfolio of real options. *Harvard Business Review* 76 5, str. 89-99 (1998)
366. Adner, R., Levinthal, D.: What is not a real option: Considering boundaries for the application of real options to business strategy. *Academy of Management Review* 29 1, str. 74-85 (2004)
367. Malik, T.: Real option as strategic technology uncertainty reduction mechanism: inter-firm investment strategy by pharmaceuticals. *Technology Analysis & Strategic Management* 23 5, str. 489-507 (2011)
368. Trigeorgis L.: *Real Options*. The MIT Press, Massachusetts, USA (1999)
369. Brach, M.: *Real Options in practice*. Willey & Sons, New Jersey, USA (2003)
370. Kogut, B. (red.): *Foreign direct investment as a sequential process*. MIT Press, Cambridge, UK (1983)
371. Erramilli, M.: The experience factor in foreign market entry behavior of service firms. *Journal of International Business Studies* 22 1, str. 479-501 (1991)
372. Kester, W.: Turning growth options into real assets. Aggarwal, R. (red.) *Capital budgeting under uncertainty: Advances and new perspectives* Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA (1992)
373. Smit, H., Ankum, L.: a real options and game-theoretic approach to corporate-investment strategy under competition. *Financial Management* 22 1, str. 241-250 (1993)
374. Kemna, A.: Case Studies on Real Options. *Financial Management* 22 3, str. 259-270 (1993)
375. Trigeorgis, L.: The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 1 28, str. 1-20 (1993)
376. Amram, M., Kulatilaka, N.: *Real Options:: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Oxford University Press, Oxford, UK (1998)
377. Kulatilaka, N.: Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems. *IEEE Transactions in Engineering Management* 35 4, str. 250-257 (1988)
378. Kulatilaka, N., Marcus, A.: a general formulation of corporate operating options. A., C. (red.) *Research in finance*, vol. 7, str. 183-200. JAI Press, New York, USA (1988)
379. Kulatilaka, N., Trigeorgi, L.: The general flexibility to switch: Real options revisited. *International Journal of Finance* 6 2, str. 778–798 (1994)

380. Brenner, M., Schwartz, E.: Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business* 58 2, str. 58-135 (1985)
381. Trigeorgis, L., Mason, S.: Valuing Managerial Flexibility. *Midland Corporate Finance Journal* 5 1, str. 14-21 (1987)
382. Copeland, T., Koller, T., Murrin, J.: *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. John Wiley and Sons, New York, USA (2000)
383. Luehrman, T.: What's it worth? a general manager's guide to valuation. *Harvard Business Review* 72 1, str. 132-142 (1997)
384. Luehrman, T.: Investment opportunities as real options: Getting started on the numbers. *Harvard Business Review* 75 1, str. 3-15 (1998)
385. Howell, S.: *Real Options: Evaluating Corporate Investment Opportunities in a Dynamic World*. Prentice Hall, New Jersey, USA (2001)
386. Copeland, T., Antikarov, V.: *Real options: a practitioner's guide*. Texere, New York, USA (2003)
387. Brealey, R., Myers, S.: *Study guide to accompany principles of corporate finance*. Irwin/McGraw-Hill, New York, USA (2000)
388. Smith, J., McCradle, K.: Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches. *Operations Research and Decisions* 46 2, str. 198-217 (1998)
389. Myers, S., Majd, S.: Abandonment value and project life. *Advances in Futures and Options Research* 4 1, str. 1-21 (1990)
390. Berger, P., Ofek, E., Swary, I.: Investor Valuation of the Abandonment Option. *Journal of Financial Economics* 42 str. 257-287 (1996)
391. Kester, W.: Today's Options for Tomorrow's Growth. *Harvard Business Review* 62 2, str. 153-160 (1984)
392. Trigeorgis, L.: a Conceptual Options Framework for Capital Budgeting. *Advances in Futures and Options Research* 3 1, str. 145-167 (1988)
393. Pindyck, R.: Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm. *American Economic Review* 5 78, str. 969-985 (1988)
394. Chung, K., Charoenwong, C.: Investment Options, Assets in Place, and the Risk of Stocks. *Financial Management* 20 3, str. 21-33 (1991)
395. Grenadier, S., Weiss, A.: Investment in Technological Innovations: An Option Pricing Approach. *Journal of Financial Economics* 3 44, str. 397-416 (1997)
396. Chatwin, R., Bonduelle, Y., Goodchild, A., Harmon, F., Mazzucco, J.: *Real Options Valuation for E-Business: a Case Study*. Trigeorgis, L. (red.) *Real options and business strategy: Applications to decision making*. Risk Books, London, UK (1999)
397. Dixit, A.: Entry and Exit Decisions under Uncertainty. *Journal of Political Economy* 97 3, str. 620-638 (1989)
398. Kulatilaka, N.: The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial. *Financial Management* 22 3, str. 22-271 (1993)
399. Triantis, A., Hodder, J.: Valuing Flexibility as a Complex Option. *Journal of Finance* 45 2, str. 549-565 (1990)
400. Trigeorgis, L.: Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *Financial Management* 3 22, str. 202-224 (1993)
401. Trigeorgis, L.: Anticipated Competitive Entry and Early Preemptive Investment in Deferrable Projects. *Journal of Economics and Business* 2 43, str. 143-156 (1991)
402. Childs, P., Ott, S., Triantis, A.: Capital Budgeting for Interrelated Projects: a Real Options Approach. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 3 33, str. 305-334 (1998)
403. Tourinho, O.: *The Option Value of Reserves of Natural Resources*. Working Paper 94. University of California (1979)
404. Titman, S.: Urban land prices under uncertainty. *American Economic Review* 75 1, str. 505-514 (1985)
405. McDonald, R., Siegel, D.: The Value of Waiting to Invest. *Quarterly Journal of Economics* 101 1, str. 707-728 (1986)
406. Majd, S., Pindyck, R.: Time to build, option value, and investment decisions. *Journal of Financial Economics* 1 18, str. 7-27 (1987)

407. Paddock, J., Siegel, D., Smith, J.: Option Valuation of Claims of Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics* 3 103, str. 479-508 (1988)
408. Pindyck, R.: Irreversibility, Uncertainty, and Investment. *Journal of Economic Literature* 3 29, str. 1110-1148 (1991)
409. Pindyck, R.: Investments of Uncertain Cost. *Journal of Financial Economics* 1 34, str. 53-76 (1993)
410. Ingersoll, J., Ross, S.: Waiting to Invest: Investment and Uncertainty. *Journal of Business* 65 1, str. 1-29 (1992)
411. Ostbye, S.: a real Option Approach to Investment in Factor Demand Models. *Applied Econometrics Letters* 4 3, str. 153-157 (1997)
412. Quigg, L.: Empirical Testing of Real Option Pricing Models. *Journal of Finance* 2 48, str. 621-640 (1993)
413. Prasad, K., Chandra, P.: Project Valuation Using Real Options, a practitioner's Guide. J.Ross Publishing, Fort Lauderdale, USA (2006)
414. Roberts, K., Weitzman, M.: Funding Criteria for Research, Development, and Exploration Projects. *Econometrica* 5 49, str. 1261-1288 (1981)
415. Carr, P.: The Valuation of Sequential Exchange Opportunities. *Journal of Finance* 5 43, str. 1235-1256 (1988)
416. Grenadier, S.: "The Strategic Exercise of Options: Development Cascades and Overbuilding in Real Estate Markets. *Journal of Finance* 5 51, str. 1653-1680 (1996)
417. Trigeorgis, L.: a Log-Transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi-Option Investments. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 3 26, str. 309-326 (1991)
418. Copeland, T., Keenan, P.: How much is exibility worth. *McKinsey Quartely* 2 1, str. 38 49 (1998)

DODATKI I SUPLEMENTY

0.1 Opcje rzeczywiste jako narzędzie budowy strategii technologicznej

Opcje rzeczywiste stanowią powszechny element podejmowania decyzji, który jednak nie jest jeszcze odpowiednio ujmowany w ocenie projektów inwestycyjnych. W normatywnej ocenie projektów innowacyjnych, powinno się uwzględniać dwie zasadnicze kategorie ryzyka: losowy charakter otoczenia (wpływ różnego typu zakłóceń) oraz elastyczność podejmowanych działań (sposobności pozytywne i negatywne podjęcia akcji). Do pierwszego nurtu zalicza się brak pewności co do przyszłości, jako czynnik losowy kształtujący rozwój podmiotu oraz jego otoczenia. Drugi nurt stanowi kwintesencję opcji rzeczywistej, tzn. elastyczność wyboru lub modyfikacji strategii.

Opcje rzeczywiste w kontekście niniejszej pracy związanej z transferem technologii, stanowią propozycję rozszerzającą analizę pozycji podmiotu zainteresowanego kreowaniem aktywnej polityki technologicznej. Zastosowanie wspomnianej metody, pozwala na uwzględnienie w modelu decyzyjnym elementów niepewności oraz elastyczności podejmowanych działań. Niniejszy rozdział stanowi jedynie wprowadzenie do opcji rzeczywistych przez pokazanie wielu podobieństw do opcji finansowej. Następnie, kolejnym krokiem będzie wskazanie pewnych aspektów użytkowych opcji rzeczywistej w kontekście prawidłowego opisu sytuacji decyzyjnej wspomagających budowanie planu strategicznego w transferze technologii. Często walor użytkowy technologii dla potencjalnego beneficjenta można prawidłowo opisać jedynie z wykorzystaniem opcji rzeczywistej.

0.1.1 Metody oceny projektów inwestycyjnych

Początków koncepcji opcji rzeczywistych należy poszukiwać w osobie Myersa [360], który to w roku 1977 zdefiniował pojęcie opcji rzeczywistych, jako możliwość uzyskania dodatkowych korzyści z poczynionej inwestycji. Prace Myersa stanowiły rozwinięcie klasycznej koncepcji finansów korporacyjnych z lat 50' poprzedniego wieku, identyfikowane z takimi osobami, jak Modigliani i Miller [361]. Przyczynili się oni do powstania powszechnie użytkowanych metod wyceny opartych na *zdyskontowanych przepływach pieniężnych* (ang. *discounted cash flows methods*, skrót DCF) oraz *średnim ważonym kosztem kapitału* (ang. *Weighted average cost of capital*, skrót WACC). Wymiar użytkowy opcji rzeczywistej na początku jej funkcjonowania był wielokrotnie niedoceniany oraz negowany. Dopiero w latach 90' poprzedniego wieku, spotkał się z częściową akceptacją decydentów w kontekście wyceny niepewności i elastyczności projektów inwestycyjnych. Współcześnie to narzędzie wzbudza również niemało kontrowersji i dyskusji.

Pojawia się obecnie wiele prac prezentujących opcje rzeczywiste w kontekście budowy efektywnej strategii, między innymi: badawczej ([362]), technologicznej ([363], [364], [362]), budowania zaawansowanych strategii rynkowych ([365], [366], [367]). Przedstawione przykładowe implementacje mają jedną charakterystyczną cechę - dużą niepewność. Uwzględnienie w wycenie elementów elastyczności podejmowanych decyzji, pozwala na prawidłowe oszacowanie aspektów rozszerzających, bądź uszczuplających wycenę alternatyw działań, mogących być podjętymi lub zaniechanymi przez decydenta.

Opcje rzeczywiste mogą stanowić ocenę elastyczności wszelakich działań operacyjnych identyfikowanych dla dowolnych aspektów działalności operacyjnej podmiotów. Często pewne niuanse wdrażania technologii, nie mogą zostać opisane poprawnie z wykorzystaniem normatywnych metod wyceny projektów inwestycyjnych, powodując ich niedoszacowanie. Takie elementy, jak ocena efektywności użytkowania substytucyjnych technologii (często nowe technologie są droższe w użytkowaniu lecz efektywniejsze), rozszerzenie portfela produktowego i usługowego, czy zmianę profilu produkcji

Jednym z podstawowych mierników oceny inwestycyjnej jest *wartość zdyskontowanych przepływów pieniężnych*, przy zdefiniowanej stopie dyskonta (ang. *Net Present Value*, skrót *NPV*). *NPV*, jako miernik jest powszechnie użytkowany do oceny efektywności różnego rodzaju projektów inwestycyjnych. Bezpośrednio z *NPV* wiąże się regułę decyzyjną stanowiącą, że gdy $NPV > 0$ inwestycja jest akceptowana, w przeciwnym wypadku odrzuca się inwestycję jako nieopłacalną. Przedstawiony miernik jest prosty w interpretacji oraz intuicyjny dla potencjalnych decydentów.

Przez wiele lat wzbogacano dostępne narzędzia oceny inwestycyjnej o sporo nowych pozycji. Przedstawiony miernik jest bezpośrednio powiązany ze wskaźnikiem. Wewnętrzna stopa zwrotu (ang. *Internal Rate of Return*, skrót *IRR*). *IRR*, podobnie jak *NPV*, jest metodą opartą na dyskontowanych przepływach pieniężnych, gdzie poszukuje się pierwiastków równania opisującego *NPV* dla szczególnego przypadku: $NPV = 0$. Reguła decyzyjna jest bardzo prosta: akceptuj tylko projekty inwestycyjne, jeśli *IRR* jest większy od stopy dyskontowej. Podobna zasada odnosi się do porównania projektów inwestycyjnych pomiędzy sobą.

Innym przykładem miernika stanowi *MIRR* (*Modified Internal Rate of Return*, skrót *MIRR*), gdzie zachodzi konieczność zmodyfikowania „mocne” założenia *IRR* przyjmującego, że przepływy środków pieniężnych uzyskiwane dzięki wdrożeniu projektu inwestycyjnego są reinwestowane po wewnętrznej stopie zwrotu. W praktyce często spotyka się sytuację, kiedy przepływy te są reinwestowane po koszcie kapitału. Innym, często użytkowanym wskaźnikiem jest okres zwrotu z inwestycji liczony na podstawie bieżących przepływów pieniężnych. Reguła decyzyjna dla okresu zwrotu jest dość intuicyjna, tzn. decydent żąda najkrótszego okresu zwrotu środków.

Opcje rzeczywiste są aparatem analizy inwestycyjnej powiązany z wizją przyszłości, a tym samym z wartościowaniem elastyczności wdrożenia określonych scenariuszy. Reprezentowane scenariusze mogą określać możliwość podjęcia pewnych kroków lub decyzji w przyszłości. Systemy decyzyjne wymagają implementacji narzędzi pozwalających na dynamiczną analizę konkurencyjnych wizji przyszłości dla nowych technologii. Zadanie to wymusza korzystanie z efektywnych narzędzi oceny decyzyjnej w kontekście nakładów inwestycyjnych oraz analizy ich konsekwencji dla danego podmiotu. Uwzględnienie w procesie decyzyjnym elementów elastyczności i niepewności związanych z akwizycją i dyfuzją technologii, może stanowić klucz do prawidłowej oceny działań związanych z szeroko pojętym transferem technologii. Inwestycje w nowe technologie są działaniem szalenie ryzykownym. Klasyczne miary oceny inwestycji zakładają symetryczność rozkładu korzyści projektów inwestycyjnych. W tym przypadku, wzrost ryzyka projektu działa destrukcyjnie na ocenę scenariuszy wdrożenia. W tym przypadku następuje niewspółmiernie zaniżenie prawidłowej oceny danego wariantu. W efekcie brak zyskowności danej alternatywy zgodnie z regułą wyboru projektu, prowadzi do zaniechania działań postrzeganych za „bardziej” ryzykowne. W podstawowym klasycznym podejściu, ryzyko może być traktowane jako zagrożenie, co ma negatywne skutki kwalifikacji projektu dla potencjalnego przedsiębiorcy. Podejście opcyjne traktuje racjonalny wzrost ryzyka, jako pozytywny czynnik skutkujący wzrostem wartości opcji, a tym samym korzyści z projektu. Opcje rzeczywiste traktują ryzyko obiektywnie, jako szansę dla potencjalnego beneficjenta projektu inwestycyjnego lub technologicznego, a nie wyłącznie jako zagrożenie.

0.1.2 Opcja rzeczywista - jej wycena i zastosowania

Opcja rzeczywista zdaniem Trigeorgisa [368], stanowi jedno z realnych odpowiedzi na fiasko klasycznego podejścia wyceny projektów inwestycyjnych bazujących na metodach budżetowania. Brak adekwatności wspomnianych modeli, wymusił konieczność poszukiwania nowych metod wyceny projektów. Bazując na popularnych wskaźnikach efektywności inwestycyjnej (np. na oszacowaniach *NPV*) przedsiębiorca może odrzucić projekt inwestycyjny wymagający użytkowania nowych technologii (mogący generować wysokie przychody przy dużych kosztach początkowych), a zatwierdzić przeciętny projekt o mniejszym ryzyku lecz mało

rozwojowy. Proces podejmowania decyzji we współczesnych podmiotach charakteryzuje się wysoką dynamiką oraz złożonością procesów. Zdarza się, że często ulegają zmianie: składniki pomocne w oszacowaniu popytu, kalkulacje kosztów, rentowności, czy pojawiają się nowe czynniki nie uwzględnione uprzednio w analizie. W związku z tym elastyczność działań realizowanych przed decydentów można adekwatnie opisać za pomocą opcji rzeczywistej. *Opcje można zdefiniować w następujący sposób:*

Opcja rzeczywista (ang. *real options*, skrót *RO*) stanowi pewien kontrakt dający jej posiadaczowi prawo, lecz nie obowiązek, do wykonania pewnego scenariusza,. Walorem bazowym powiązany z wyceną projektu, może być instrument zgodnie z obraną strategią wyceny opcji rzeczywistej.

Opcję rzeczywistą najogólniej można określić jako prawo do wykonania konkretnych czynności zgodnie z kontraktem opcyjnym w projekcie inwestycyjnym, ale nie obowiązek ich wykonania w przyszłości. Wycena opcji rzeczywistych opiera się na ich analogii z opcjami finansowymi. Poniżej przedstawiono porównanie opcji rzeczywistej z opcją finansową.

Tab. 0.1 Analogie stosowane dla opcji rzeczywistej i finansowej.

Opcja Finansowa	Cecha	Opcja rzeczywista
Cena wykonania	X	Wartość nakładów inwestycyjnych
Cena waloru bazowego	S	Wartość bieżąca przepływów finansowych generowanych przez inwestycje
Czas wygaśnięcia opcji	t	Czas do podjęcia decyzji lub czas wygaśnięcia możliwości jej podjęcia
Zmienność ceny akcji	σ^2	Ryzyko wartości projektu
Stopa wolna od ryzyka w okresie czasowym wygaśnięcia opcji	r	Stopa zwrotu wolna od ryzyka w okresie czasowym wygaśnięcia opcji

Źródło pracy [369]s. 51.

Opcji rzeczywistej nie można całkowicie utożsamiać z opcją finansową. Ten stan rzeczy wynika głównie z faktu, że:

- opcje rzeczywiste nie są przedmiotem powszechnego obrotu, instrumentu w tej formie nie można swobodnie zbyć lub nabyć,
- walor bazowy nie jest notowany oraz nie jest przedmiotem jego obrotu,
- brak wyłączności posiadania opcji, tzn. ta sama sposobność działania/elastyczność jest przedmiotem posiadania wielu podmiotów,
- ocena opcji rzeczywistej jest subiektywna oraz można na nią wpływać przez zastosowanie różnych technik zmiany struktury przepływów pieniężnych.

W latach 80. Poprzedniego wieku, opcje rzeczywiste zaczęły być użytkowane pierwotnie w wielu dużych podmiotach, szczególnie w firmach japońskich [370], [371]. Następnie stały się stałym i pożądanym elementem oceny projektów inwestycyjnych w podmiotach działających na dynamicznym i konkurencyjnym rynku. Jednakże wiele problemów sprawia użycie zaawansowanego aparatu matematycznego, który stanowi przeszkodę dla mało doświadczonych decydentów poświadających prostych i intuicyjnych rozwiązań. Intensyfikacja użytkowania tego specyficznego narzędzia przypadła dopiero na lata 90. Poprzedniego wieku. W tym okresie powstało wiele prac prezentujących praktyczne i teoretyczne aspekty implementacji teorii opcji rzeczywistych, głównie w zastosowaniach ewaluacji projektów korporacyjnych, pozycja. Np. Kester [372], Smit [373], Kemna [374], Trigeorgis [375], Kulatilaka [376], [377], [378].[379]. Tak zwana klasyczna technika wyceny opcji rzeczywistych zakłada:

- istnienie notowanego portfela inwestycyjnego, który replikuje wypłaty opcji,
- braku arbitrażu.

Zgodnie z powyższymi założeniami portfel replikujący powinien zachowywać się w sposób identyczny, jak opcja finansowa. Zatem możliwa jest wycena opcji rzeczywistej w sposób podobny, jak opcji finansowych. Oznacza to konieczność identyfikacji takich parametrów opcji, jak: aktualna cena instrumentu replikującego, wypłata opcji rzeczowej zależnie od przyszłej wartości tego instrumentu bazowego, zmienność stóp zwrotu instrumentu oraz stopa wolna od ryzyka. W pracy Kulatilaka sugerowano zastosowanie modelu *geometrycznych ruchów Browna* oraz modelu *Blacka-Scholesa* do wyceny opcji. Inne podejście do wyceny prezentuje Brennan oraz Schwartz [380]. Proponują, by przepływy pieniężne były replikowane przez samofinansujący się portfel składający się z papieru wartościowego wolnego od ryzyka (tzw. *riskless bills*) i kontraktu futures (ang. *futures contracts*).

Z kolei Trigeorgis [381], [368] sugeruje poszukiwanie papieru wartościowego o zachowaniu zbliżonym z wycenianą opcją rzeczywistą, np. walory podmiotów notowanych na giełdzie. Skorzystanie z tzw. koncepcji waloru bliźniaczego (ang. *twin-security*), sprowadza się do poszukiwania papieru wartościowego notowanego na rynku finansowym charakteryzującym się tym samym ryzykiem. Powyższe sformułowanie oznacza bezpośrednią identyfikację waloru ściśle skorelowanego z rozważanym projektem inwestycyjny, np. dla zagadnienia identyfikacji opcji wynikającej z wydobywania ropy naftowej, walorem bazowym mogą być notowania firmy wydobywającej surowce, firmy energetyczne, itd.

Copeland [382] z kolei wskazuje, że prawidłowa wycena opcji rzeczywistej powinna stanowić umiejętne połączenie idei poszukiwania portfela replikującego wypłatę opcji, wraz z analizą przedsięwzięcia za pomocą NPV. Wycena opcji jest możliwa wyłącznie przez poszukiwanie replikującego portfela idealnie skorelowanego oraz zastosowanie metody drzew decyzyjnych umożliwiających modelowanie elastyczności i niepewności związanej z podejmowanymi decyzjami przez decydenta. W literaturze wspomina się o wątpliwościach dotyczących prezentowanego podejścia. Często walory wchodzące w skład portfela nie są notowane, co w przekonaniu Brealey [342] uniemożliwia spełnienie założenia braku arbitrażu koniecznego dla użytkowania modeli wyceny opcji. Kulatilaka [376] również zwraca uwagę, że istnieje pewien dysonans pomiędzy replikującym walorem, a rzeczywistym projektem inwestycyjnym. Walor notowany na giełdzie może się charakteryzować odmiennym ryzykiem, niż te otrzymane w wyniku implementacji metody klasycznej wyceny opcji realnej. Klasyczne podejście zaprezentowane powyżej nie stanowi idealnego rozwiązania, czasem skutkuje wieloma problemami natury praktycznej dla jego potencjalnego użytkownika.

Luehrman [383], zauważył, że istnieje pewna klasa inwestycji zwanych sposobnościami, które mogą być wyceniane za pomocą opcji rzeczywistych w sposób subiektywny. Ogólna koncepcja wprowadzona przez Luehrmana [365], [384] oraz Howella [385], oparta jest na braku konieczności wskazania instrumentu bliźniaczego oraz jedynie na częściowym uwzględnieniu założeń występujących w klasycznym podejściu. Odpowiedzialnym finalnie za oszacowanie parametrów instrumentu bazowego i prawidłową wycenę opcji finansowej zbudowanej na takim instrumencie jest decydent. Brak obiektywizmu oceny parametrów opcji oraz subiektywizm identyfikacji portfela replikującego, może rodzić wiele kontrowersji i problemów podczas wyceny. Pomimo swych wad, przedstawiona metoda posiada pewien wymiar użyteczny dla opcji, dla których nie można dokonać identyfikacji portfela replikującego. Zasadna w tym przypadku, wydaje się sama możliwość wsparcia wyceny przez gorszą metodę wyceny opcji bazując na gorszych jakościowo informacjach, niż całkowity brak identyfikacji opcji rzeczywistej.

W związku z niedoskonałościami przedstawionych metod wyceny opracowano metodę tzw. MAD (tzw. *Marketed Asset Disclaimer*), Trigeorgis [368], Copeland [386] Brealey [387]. Koncepcja MAD oznacza, że optymalną wycenę opcji stanowi możliwość bezpośredniego skorzystania z informacji o ryzyku, jakie niesie ze sobą NPV ocenianego projektu nie uwzględniając w nim pierwotnie składnika elastyczności. Opisany w ten sposób walor bazowy stanowi najlepszy z możliwych wariantów repliki projektu inwestycyjnego. Copeland [386] sugeruje zastosowanie drzew dwumianowych dla omówionej metody wyceny. z praktycznego punktu widzenia, zastosowanie MAD może skutkować koniecznością sztucznego poszukiwania

związku projektu inwestycyjnego z rynkiem lub wycenę projektu w oderwaniu od realiów rynkowych. W związku z tym, Smith [388] proponuje zintegrowane podejście uelastyczniające wycenę opcji przez zastosowanie podejścia:

- klasycznego dla obszarów, gdzie możliwa jest identyfikacja portfela replikującego,
- drzewa decyzyjne dla obszarów, gdzie nie występuje taka możliwość.

Tab. 0.2 Klasyfikacja opcji rzeczywistych.

Opcja rzeczywista	Opis	Literatura
opcje proste		
odstąpienia (<i>abandon</i>)	opcja pozwala na całkowite odstąpienie od projektu w zamian za uzyskanie pewnej rekompensaty, np.	[389] [390]
rozszerzenia/kontrakcji (<i>expand / contract</i>)	opcja rozszerzenia (wzrostu) jest kapitalizacją poczynionej wcześniej inwestycji opcja kontrakcji jest częściowym zarezerwowaniem części działalności operacyjnej w zamian za stałą ustaloną wartość	[360],[372, 391, 392] [393]; [394],[374] , [342] ,[395] ,[396] ,
elastyczność wyboru/zmiany/przełączania (<i>switch</i>)	opcja przełączania/zmiany w parametrach wejściowych lub wyjściowych podczas funkcjonowania przedsięwzięcia, np. zamiana technologii w procesie produkcyjnym	[380], [397], [398] ,[377, 378], [379], [399],
wyboru (<i>choice</i>)	opcja wyboru spośród kilku identyfikowanych prostych opcji	[400], [375], [401], [402]
prawo do zwlekania/ odłożenie projektu (<i>defer</i>)	opcja do opóźnienia pozwala na zwlekanie rozpoczęcia projektu do czasu, gdy pozyskane informacje w przyszłości pozwolą na redukcję ryzyka	[403],[404],[405] ,[406] ,[407] ,[408, 409] ,[410] ,[411] ,[412]
opcje złożone		
opcje złożone (<i>advanced options – couponed, rainbow, barrier options</i>)	modelowanie interakcji różnego rodzaju opcji prostych	[400],[375] ,[401] „[402], [386, 413]
opcje etapowe (<i>stage options</i>)	podział zidentyfikowanego procesu na pod-fazy i opis ich za pomocą opcji zagnieżdżonych w drzewie decyzyjnym	[414],[406] ,[415] ,[416] ,[375, 417] ,[386] ,[413]

Zródło: Opracowanie własne.

Ponadto autor postuluje, by stopy dyskontowe uwzględniały premie za ryzyko, ponieważ opcja jest obciążona wyższym ryzykiem, niż dany instrument bazowy.

Trudno jednoznacznie orzec, która ze wskazanych powyżej metod wyceny opcji jest optymalna dla zastosowań w transferze technologii. Wiele zależy od samej implementacji opcji rzeczywistej oraz jej kontekstu użytkowania. W przypadku możliwości bezpośredniej identyfikacji waloru bazowego notowanego, sugeruje się skorzystanie ze wskazanego mechanizmu instrumentu bliźniaczego. Pozwala to precyzyjnie oszacować wartości poszczególnych parametrów opcji, a tym samym zabezpiecza na dostatecznym poziomie przed

przewartościowaniem projektu inwestycyjnego. W przypadku niemożności skorzystania z tego instrumentu, potencjalny analityk winien skorzystać z alternatywnych metod wyceny – bazującej na DCF oraz NPV. Metody estymacji i analizy ryzyka dla tak specyficznego instrumentu bliźniaczego, wymagają zastosowania metody Monte Carlo.

Opcje rzeczywiste stanowią rozszerzenie analizy finansowej w zakresie wyceny elastyczności podejmowanych decyzji. W kontekście transferu technologii, wskazana elastyczność może być postrzegana jako:

- wybór różnych wariantów technologii, możliwości zamiany tych wariantów,
- sprzedaż licencji na opracowaną technologię lub innych praw majątkowych,
- zaniechanie inwestycji lub wstrzymanie działań do czasu pojawienia się dodatkowej wiedzy na temat rynku,
- zastosowanie standardowych komponentów technologii w innych rozwiązaniach (współdzielenie komponentów w różnych produktach),
- możliwość kontynuacji procesu inwestycyjnego po zakończeniu jednej fazy procesu,
- możliwość sprzedaży części lub całości przedsięwzięcia, zabezpieczenie prawne tych transakcji.
- Przedstawione scenariusze są podstawą identyfikacji i wyceny opcji rzeczywistych. Opcja może opisywać następujące działania podejmowane przez podmiot gospodarczy:
- nabycie lub zbycie zespołu aktywów (np. nowej licencji, zmiany profilu technologicznego),
- podjęcie działań determinujących przedsięwzięcie gospodarcze (np. wejście na nowy rynek, opuszczenie rynku, przejęcie podmiotów),
- podejmowanie decyzji dotyczących projektu inwestycyjnego (zaniechanie, wybór wariantu itd.).

Prawo do opcji może być nabyte wprost lub uzyskane pośrednio, dzięki podjęciu działań lub zaniechaniu działań (zwykle stanowiących skutek określonej inwestycji).

Opcja rzeczywista umożliwia ponadto wycenę zobowiązań podjętych przez inwestora wobec osób trzecich, takich jak:

- zobowiązanie do odsprzedaży licencji lub patentu na opracowaną technologię,
- zobowiązań inwestycyjnych lub socjalnych wykraczających poza plan wynikający z rachunku ekonomicznego,
- zakazu dokonywania pewnych inwestycji finansowanych z zysku wypracowanego podczas procesu inwestycyjnego (np. zakaz wywozu środków z dywidendy poza granice kraju, w którym ulokowana jest inwestycja, nakaz reinwestowania środków w dalsze badania itp.),
- zobowiązanie do sprzedaży części lub całości przedsięwzięcia, itp.

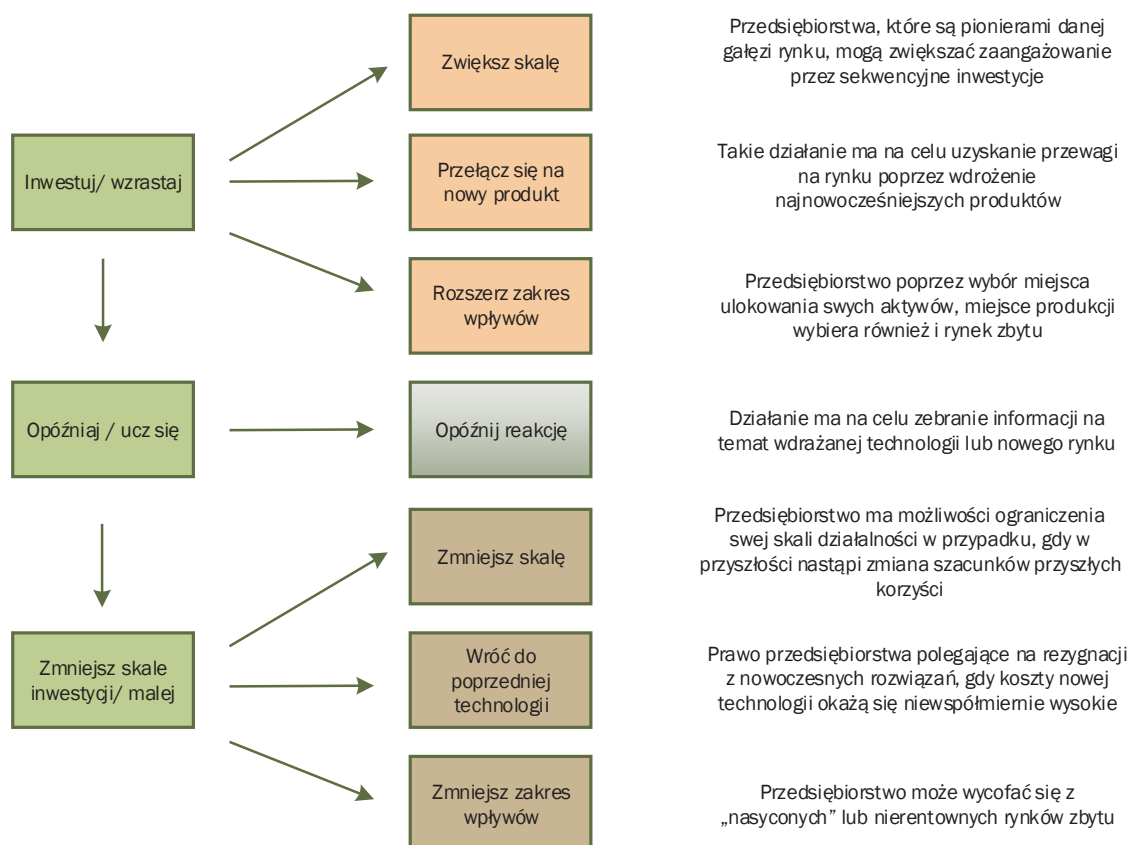
Przedstawione powyżej działania mają swój realny wymiar w prowadzonej działalności operacyjnej organizacji i równocześnie mogą być bezpośrednio powiązane z następującymi typami prostych opcji rzeczywistych:

- opcja gromadzenia wiedzy (ang. *learning option*),
- opcja opóźnienia (ang. *delay option*),
- opcja rezygnacji lub wyjścia (ang. *exit option or abandonment option*),
- opcja przełączenia (ang. *option to switch*),
- opcja wzrostu (ang. *growth option*),
- opcja kontraktacji (ang. *contract option*),
- opcja rozszerzenia, (bądź ekspansji) (ang. *expand options*).
- opcje rzeczywiste proste, mogą służyć do opisu bardziej złożonych strategii, które wyraża się za pomocą tzw. *opcji złożonych* (ang. *advanced options*). Przykłady opcji złożonych stanowią:
- opcja sekwencyjna (ang. *time to build option*),

- opcja fazy lub stanu (ang. *stage or phases*),
- opcja synergii (ang. *multiple interacting option*).

Pełne merytoryczne podsumowanie opcji wraz z odpowiednimi odnośnikami literaturowymi zamieszczono w Tab. 0.2.

Korzystanie z metod opcji rzeczywistej dla wielu decydentów nie jest procesem prostym i intuicyjnym. Proces analityczny wymaga wiedzy i doświadczenia w tym zakresie. W pracy Copeland [418], usystematyzowano podstawowe strategie związane z użytkowaniem opcji rzeczywistej w normatywnej działalności gospodarczej. Na diagramie zamieszczonym na Rys. 0.1 wyszczególniono podstawowe strategie gospodarcze, które można opisać z wykorzystaniem opcji rzeczywistej.



Rys. 0.1 Podstawowe strategie opcyjnie użytkowane w działalności gospodarczej.

Źródło: [418], str. 10.

0.1.3 Podsumowanie

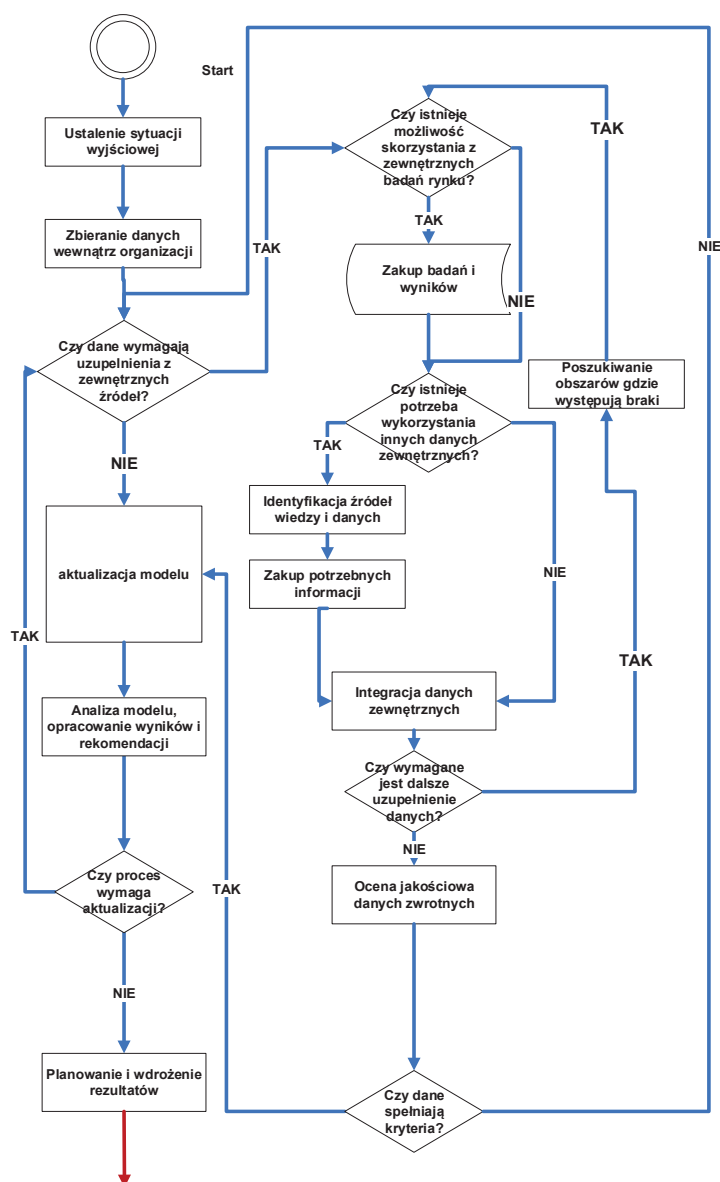
Opcje rzeczywiste są wskazywane przez wielu autorów jako element aktywnej analizy zagadnień technologicznych w obszarze inwestycyjnym. Pozwalają one na podejmowanie decyzji wtedy, gdy decydent ma do czynienia z zagadnieniami charakteryzującymi się bardzo dużą niepewnością. Niepewność jest elementem normatywnym dla zagadnień wyceny projektów inwestycyjnych podmiotów operujących na bardzo konkurencyjnych i dynamicznych rynkach. Prawidłowe wartościowanie działań skojarzonych z niepewnością oraz elastycznością możliwych działań decydenta w przyszłości, może stanowić o przewadze podmiotów zajmujących się akwizycją i dyfuzją technologii.

Podsumowując, wykorzystanie opcji rzeczywistych w ocenie wariantów decyzyjnych, może przynieść:

- możliwość oceny wariantów działań podejmowanych przez decydentów jako elementów nieodwracalnych w praktyce gospodarczej,
- możliwość analiza problemów dynamicznych i sekwencyjnych,
- prawidłowe wartościowanie zagadnień decyzyjnych charakteryzujących się dużą niepewnością,
- możliwość analizy konsekwencji w podejmowanych decyzyjnych opisanych.

0.2 Szczegółowe procedury użytkowane w metodzie roadmappingu

Planowanie strategiczne powiązanie z aktywnymi działaniami opartymi o procesy transferu technologii, wymaga monitorowania wielu źródeł niepewności, a także działań konkurencji czy kontroli globalnych trendów technologicznych oraz konsumenckich. Tworzenie strategii potrzebuje przede wszystkim określenia ram, zrozumienia misji i celu funkcjonowania organizacji, dostosowania aktualnego modelu biznesowego do zmiennego otoczenia, czy ustawicznego monitorowania organizacji, celem poprawy jej funkcjonowania. Przykładowy schemat tworzenia DM dla zagadnienia AADTP, przedstawiono na Rys. 0.2.



Rys. 0.2 Ogólny schemat tworzenia DRM (Opracowanie własne).

Źródło: Opracowano na podstawie [76].

Na potrzeby systemu decyzyjnego opracowano szczegółowe metody i algorytmy konstruowania diagramów roadmappingowych. Diagramy te stanowią podstawę budowy modeli systemów technologicznych, które zaimplementowano w systemie informatycznym. Szczegółowe metody budowy diagramów dla metody AADTP mogą przyjąć formę zgodnie z poniższymi algorytmami:

Zadanie procesowe 1 Zarządzanie zasobami ludzkimi w procesie roadmappingu:

- 1 Powołaj dwie instancje: menadżera oraz wewnętrznego audytora procesu RM.
- 2 Menadżer RM wraz z osobami decyzyjnymi powołuje osoby zarządzające grupami eksperckimi.
- 3 Osoby zarządzające grupami eksperckimi tworzą i zarządzają pracami grup według zdefiniowanych procedur.
- 4 Audytor wewnętrzny dla losowej próby weryfikuje efekty cząstkowe prac grup eksperckich oraz sposobu integracji w ramach procesu RM.
- 5 Integracja efektów prac zespołów eksperckich w postaci spójnego diagramu RM.

Zadanie procesowe 2 Identyfikacji obiektów na warstwach RM

I Dane wejściowe.

- a. Zakres ramowy diagramu roadmappingu:
 - predefiniowane warstwy zgodne ze specyfiką działania produktów informacji cyfrowej,
 - zakres analizy diagramu pod kątem budowy strategii rozwoju,
- b. Dane wejściowe podmiotu oraz (efekt fazy przygotowawczej):
 - analizy rynku produktów,
 - analiza konkurencji,
 - analiza otoczenia,
 - trendy i scenariusze makroekonomiczne, informacje projektów foresight
 - dokumentacja wewnętrzna, procedury (raporty, publikacje, streszczenia, itd.),
 - badania ankietowe i wywiady w kontekście agregowania informacji przyszłości produktów i technologii.
- 1 Wybór obiektów do warstwy celów biznesowych:
 - a. Identyfikuj obiekty na warstwie celów zgodnie z misją oraz celami strategicznymi podmiotu.
 - b. Na podstawie wstępnych analiz, zbadaj istotność osiągnięcia celów na misje oraz cele strategiczne.
 - c. Dokonaj sprawdzenia spójności obiektu z wytyczonymi celami biznesowymi.
 - d. Wizualizuj ewolucje priorytetów celów biznesowych (technicznie cele stanowią obiekty) na diagramie RM.
- 2 Wybór obiektów do poszczególnych warstw:
 - a. Wybierz zbiór podstawowy obiektów do warstw zgodnie z badaniem istotności dla modelu;
 - b. Zbierz dodatkowe informacje na temat obiektów, agreguj, stwórz model SZD.
 - c. Odrzuć obiekty wykazujące cechy braku spójności z celami biznesowymi.
 - d. Opis obiektów: na podstawie danych wejściowych opisz obiekty (także w domenie dynamiki wektora parametrycznego).
- 3 Dane obiektów dalszego otoczenia ekonomiczno-społeczno-technologicznego (analiza STEEP):
 - a. Zdefiniuj główne obszary mogące mieć wpływ na poszczególne warstwy (zalecane metody STEEP, PEST, Foresight),
 - b. Przeszukaj obszary uzyskane w punkcie 3.a celem identyfikacji potencjalnych obiektów mogących mieć wpływ na warstwy RM,
- 4 Obiekty zewnętrzne niepowiązane z istniejącym obszarem zainteresowania RM:
 - a. Sprawdź czy istnieją inne obiekty zewnętrzne (spoza listy), mające istotny wpływ na obiekty znajdujące się na warstwie produktów oraz technologii.
 - b. Dołącz do listy obiekty wyłonione w punkcie 4.a i osadź je na osobnej warstwie pn. „nieprzypisane”.

5 Dokonaj weryfikacji poprawności identyfikacji obiektów globalnie oraz lokalnie.

Powyższy algorytm dokonuje identyfikacji zbioru obiektów, które następnie przyporządkowano do warstw wyspecyfikowanych zgodnie z profilem działalności danego podmiotu. Kolejny etap stanowi identyfikację relacji pomiędzy obiektami występującymi na wewnętrznych warstwach oraz między warstwowymi. Relacje wewnątrzwarstwowe mają z reguły charakter zależności temporalnych i opisują ewolucję obiektów poszczególnych warstw wykorzystując informacje o trendach i scenariuszach rozwojowych. W trakcie procesu modelowania roadmappingowego, następuje integracja wiedzy pochodzącej z heterogenicznych źródeł oraz fuzja danych ilościowych i jakościowych związanych z różnymi rodzajami relacji między obiektowych. Budowa diagramu prowadzona jest aż do wyczerpania zbioru zidentyfikowanych istotnych obiektów lub do osiągnięcia maksymalnego rozmiaru diagramu umożliwiającego jego analizę przy wykorzystaniu dostępnych zasobów obliczeniowych i eksperckich. Identyfikacja relacji pomiędzy obiektami jest na tyle złożona, że konieczne jest stworzenie algorytmów pomocniczych do realizacji tych zadań.

Budowa relacji wewnątrzwarstwowych opiera się w dużej mierze na odmiennych metodach w odniesieniu do relacji między warstwowymi i rzadko związana jest z identyfikacją i włączaniem do modelu kolejnych obiektów, gdyż relacje te dotyczą głównie warstw wewnętrznych. z tego względu, ten etap budowy modelu opisywany jest przez odrębny algorytm:

Zadanie procesowe 3 Identyfikacji relacji wewnątrz warstwowych.

I Dane wejściowe:

- predefiniowane warstwy zgodne ze specyfiką działania podmiotu,
- lista identyfikowanych obiektów z podziałem na warstwy zgodnie z Algorytmem 2.

II Dane wejściowe dotyczące podmiotu (efekt fazy przygotowawczej):

- analizy rynku produktów,
- analiza konkurencji,
- analiza otoczenia,
- trendy i scenariusze makroekonomiczne, informacje projektów foresight,
- dokumentacja wewnętrzna, procedury (raporty, publikacje, streszczenia, itd.),
- badania ankietowe i wywiady w kontekście agregowania informacji przyszłości produktów i technologii.

1 Identyfikacja relacji ewolucyjnych:

- a. Dla każdego obiektu sprawdź czy na podstawie dostarczonych danych można zidentyfikować dla podzbioru obiektów relacje ewolucji (w domenie oczekiwanych bądź prognozowanych wartości wektora parametrów obiektów).
- b. Jeśli istnieje możliwość ewolucji, połącz te obiekty w struktury łańcuchowe i drzewiaste.

2 Identyfikacja relacji pomiędzy obiektami (innych niż ewolucyjne):

- a. Dla każdego obiektu sprawdź czy na podstawie dostarczonych danych istnieje możliwość zdefiniowania relacji binarnej transformacji stanów.
- b. Jeśli istnieje możliwość identyfikacji relacji z punktu ewolucji, połącz te obiekty w struktury łańcuchowe i drzewiaste.

3 Dokonaj weryfikacji relacji globalnie.

Zadanie procesowe 4 Identyfikacji relacji między warstwowymi.

I Dane wejściowe:

- predefiniowane warstwy zgodne ze specyfiką działalności podmiotu,
- lista identyfikowanych obiektów z podziałem na warstwy zgodnie z Algorytmem 2,
- lista relacji identyfikowanych w Algorytmie 3.

II Dane wejściowe dotyczące podmiotu (efekt fazy przygotowawczej):

- analizy rynku produktów,

- analiza konkurencji,
 - analiza otoczenia,
 - trendy i scenariusze makroekonomiczne, informacje projektów foresight,
 - dokumentacja wewnętrzna, procedury (raporty, publikacje, streszczenia, itd.),
 - badania ankietowe i wywiady w kontekście agregowania informacji przyszłości produktów i technologii.
- 1 Filtracja wstępna obiektów reprezentująca produkty oraz technologie:
 - a. Dla każdego obiektu celu biznesowego znajdź obiekty zależne na warstwach produktu i technologii.
 - b. Jeśli nie można utworzyć relacji, wówczas usuń obiekty ze zbioru obiektów RM na tych warstwach.
 - 2 Identyfikacja relacji między warstwowymi:
 - a. Dla każdego obiektu dla listy utworzonej zgodnie z punktem 1 algorytmu sprawdź czy na podstawie dostarczonych informacji istnieje możliwość zdefiniowania relacji binarnej pomiędzy obiektami.
 - b. Jeśli istnieje relacja, wówczas zaznacz ją na diagramie i skwantyfikuj.
 - 3 Dokonaj weryfikacji poprawności identyfikacji relacji globalnie.

0.3 Przegląd oprogramowania planowania strategicznego opartego o metodę roadmappingu

Tab. 0.3 Przegląd oprogramowania planowania strategicznego w oparciu o metodę roadmappingu.

Lp.	Nazwa	Producent	Ostatnia wersja, rok	Free Trial	Darmowa wersja	Platforma	Funkcje	Zarządzanie procesami / Workflow	Narzędzia analityczne/ met. Wielokryterialne	Przechowywanie informacji w dedykowanej bazie	Przetwarzanie danych, informacji i wiedzy (w tym pozyskiwanie)	Wsparcie	Szkolenia
1.	OneDesk	OneDesk Product Management	2017	Tak	No	Soft, mobile: IOS	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
2.	SharpCloud	SharpCloud	2017	Tak	Tak	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
3.	Shotgun Software	Shotgun	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
4.	Wizeline	Wizeline	2017	Nie	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
5.	Sallience	FeatureMap	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
6.	BakedCode	Interstate	2017	Nie	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	Nie ustalono	Online In Person Webinar

7.	OneDesk	OneDesk Product Management	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
8.	Sopheon	Accolade Roadmapping	2017	Nie	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
9.	Alpha UX	Alpha UX Platform	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep)	Online In Person Webinar
10.	Planisware	Planisware	2017	Nie	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
11.	KeepSolid	Roadmap Planner	2017	Tak	Tak	Soft, mobile: IOS	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
12.	10,000ft	10,000ft Plans	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
13.	Benchmark Consulting	IRIS Business Architect	2017	Tak	Tak	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar
14.	CreateSHIFT	ProdPad	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Business Hours Online	Online In Person Webinar

15.	Receptive	Receptive	2017	Tak	Tak	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Busin ess Hours Onlin e	Online In Person Webinary
16.	LT SQUARE	Casual.PM	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep)	Online
17.	Trello	Trello	2017	Tak	Tak	Soft, mobile: IOS	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Busin ess Hours Onlin e	Online In Person Webinary
18.	VersionOne	VersionOne	2017	Tak	Tak	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Busin ess Hours Onlin e	Online In Person Webinary
19.	Roadmunk	Roadmunk	2017	Tak	Tak	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep) Busin ess Hours Onlin e	Online In Person Webinary
20.	Product Plan	Product Plan	2017	Tak	Nie	Soft	Współdzielenie pracy Content Import / Export Konstrukcja diagramu Drag & Drop Zarządzanie cechami Kamienie milowe Śledzenie Priorytetyzacja	Częściowy / Tak	Nie	Tak	Nie	24/7 (Live Rep)	

Źródło: Opracowanie własne.

0.4 Rankingowanie testowych metod

Rankingowanie metod użytkowanych w scenariuszu testowym 1 i 2 oparto o dwa zasadnicze komponenty: badania eksperckie oraz dane ilościowe wynikające otrzymane w czasie realizacji scenariuszy testowych. Badania ankietowe zostały przeprowadzone wśród wszystkich ekspertów zaangażowanych w proces decyzyjny. Ewaluacja kryteriów zawarto w Tab. 0.4. Rankingowanie metod przeprowadzono metodą Refset [345].

Tab. 0.4 Rankingowanie metod weryfikowanych w Rozdziale szóstym.

Lp.	Hipotezy	Kryterium	Jedn.	Metoda Opracowana		Metoda Klasyczna		Metoda porównawcza	
				Scenariusz 1	Scenariusz 2	Scenariusz 1	Scenariusz 2	Scenariusz 1	Scenariusz 2
I		Kryteria Ankietowe							
1		Wsparcie realizacji procesu decyzyjnego z wykorzystaniem systemów informatycznych	[1-5]	3	5	1	1	1	1
2		Intensywność użytkowania systemów informatycznych	[1-5]	2	4	1	1	1	3
3	HS1	Wdrożenie metody RM	[1-5]	5	5	5	5	5	5
4	HS2	Zarządzanie wiedzą i jej współdzielenie	[1-5]	3	5	1	1	1	1
5	HS3	Akwizycja wiedzy i jej współdzielenie	[1-5]	1	5	1	1	1	1
6	HS4	Hybrydowe użytkowanie wzorców SWD	[1-5]	3	5	1	1	3	3
7	HS5	Wspomaganie podejmowanie decyzji przez użytkowanie algorytmów optymalnego sterowania	[1-5]	5	5	1	1	5	5
		Rezultat użytkowania metody	[1-5]	5	5	5	4	2	2
II		Kryteria ilościowe							
1		NPV	[mln zł]	34,24	170,12	34,24	157,05	29,39	97,88
2		Ryzyko	[]	633,42	175,39	633,42	152,29	382,20	69,55
3		Długość projektu	[dni]	153	137	153	274	153	274
4		Współdzielenie zew.	[%]	11,25	43,03	5,53	29,74	5,46	33,59
5		Współdzielenie wew.	[%]	18,87	76,35	12,56	48,90	8,33	49,78

Źródło: Opracowanie własne.

0.5 Scenariusz testowy PP_I– przykładowy wektor decyzyjny

Tab. 0.5 Opracowane kompromisowe rozwiązanie dla scenariusza testowego PP I.

Lp.	ID_L	ID_H	Start	Warstwa	Podwarstwa	Obiekt	Działanie/ Decyzja
1	16	48	1900-01-00	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne II	Użytkuj i wdrażaj Technologie
2	17	53	1900-01-00	Technologie	Procesor	Procesor III Virtual Cores	Użytkuj i wdrażaj Technologie
3	38	48	1900-01-00	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne II	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
4	39	53	1900-01-00	Technologie	Procesor	Procesor III Virtual Cores	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
5	1	2	2014-02-22	Badania naukowe	Zasilanie	Efektywność ogniów	Rozpocznij Badania
6	3	13	2014-08-21	Badania naukowe	Procesor	Procesor II 2-16 core	Rozpocznij Badania
7	2	7	2014-12-19	Badania naukowe	Konstrukcja	Konstrukcja I	Rozpocznij Badania
8	1	2	2017-01-01	Badania naukowe	Zasilanie	Efektywność ogniów	Wdrażaj badania
9	2	7	2017-01-02	Badania naukowe	Konstrukcja	Konstrukcja I	Wdrażaj badania
10	4	80	2017-01-03	Outsourcing komponentów	Matryce	Matryca IPS	Pozyskaj kontrakt Outsourcing
11	5	42	2017-01-03	Technologie	Zasilanie	Ogniwo Polimerowe	Użytkuj i wdrażaj Technologie
12	6	47	2017-01-03	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne I	Użytkuj i wdrażaj Technologie
13	7	52	2017-01-03	Technologie	Procesor	Procesor II 2-16 core	Użytkuj i wdrażaj Technologie
14	8	83	2017-01-03	Technologie	Matryce	Matryca IPS	Użytkuj Technologie w ramach umowy Outsourcing
15	34	42	2017-01-03	Technologie	Zasilanie	Ogniwo Polimerowe	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
16	35	47	2017-01-03	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne I	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
17	36	52	2017-01-03	Technologie	Procesor	Procesor II 2-16 core	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
18	3	13	2017-01-03	Badania naukowe	Procesor	Procesor II 2-16 core	Wdrażaj badania
19	13	14	2017-02-18	Badania naukowe	Procesor	Procesor III virtual core	Rozpocznij Badania
20	9	60	2017-03-02	Produkty	Laptop	Laptop II	Wprowadzenie produktu na rynek
21	10	67	2017-03-02	Produkty	Urządzenie Multimedialne	Urządzenia multimedialne	Wprowadzenie produktu na rynek
22	11	3	2017-12-03	Badania naukowe	Zasilanie	Zmiana rozmiaru i ciężaru	Rozpocznij Badania
23	12	8	2018-04-02	Badania naukowe	Konstrukcja	Konstrukcja II	Rozpocznij Badania
24	14	81	2019-09-12	Outsourcing komponentów	Matryce	Matryca HDS	Pozyskaj kontrakt Outsourcing
25	18	84	2019-09-12	Technologie	Matryce	Matryca HDS	Użytkuj Technologie w ramach umowy Outsourcing
26	11	3	2019-09-12	Badania naukowe	Zasilanie	Zmiana rozmiaru i ciężaru	Wdrażaj badania
27	12	8	2019-09-12	Badania naukowe	Konstrukcja	Konstrukcja II	Wdrażaj badania
28	13	14	2019-09-12	Badania naukowe	Procesor	Procesor III virtual core	Wdrażaj badania
29	15	43	2019-09-13	Technologie	Zasilanie	Elastyczne i pojemne ogniwa	Użytkuj i wdrażaj Technologie
30	19	61	2019-09-13	Produkty	Laptop	Laptop III	Wprowadzenie produktu na rynek
31	37	43	2019-09-13	Technologie	Zasilanie	Elastyczne i pojemne ogniwa	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
32	20	68	2019-10-13	Produkty	Urządzenie Multimedialne	Ultra przenośne urządzenia multimedialne	Wprowadzenie produktu na rynek
33	21	66	2019-10-13	Produkty	Tani laptop	Tanie urządzenia UM ITani Laptop I	Wprowadzenie produktu na rynek

Lp.	ID_L	ID_H	Start	Warstwa	Podwarstwa	Obiekt	Działanie/ Decyzja
34	25	82	2019-10-30	Outsourcing komponentów	Matryce	Ekran UWD elastyczny	Pozyskaj kontrakt Outsourcing
35	9	60	2019-11-11	Produkty	Laptop	Laptop II	Wycofywanie produktu z rynku
36	10	67	2019-11-11	Produkty	Urządzenie Multimedialne	Urządzenia multimedialne	Wycofywanie produktu z rynku
37	24	15	2020-05-09	Badania naukowe	Procesor	Procesor IV OM	Rozpocznij Badania
38	22	4	2020-06-26	Badania naukowe	Zasilanie	Elastyczne pojemne ogniwa	Rozpocznij Badania
39	4	80	2020-09-06	Outsourcing komponentów	Matryce	Matryca IPS	Wygaś Kontrakt Outsourcing
40	8	83	2020-09-06	Technologie	Matryce	Matryca IPS	Zaprzestań Użytkowania technologii
41	23	9	2021-03-17	Badania naukowe	Konstrukcja	Konstrukcja III	Rozpocznij Badania
42	19	61	2022-08-27	Produkty	Laptop	Laptop III	Wycofywanie produktu z rynku
43	20	68	2022-08-27	Produkty	Urządzenie Multimedialne	Ultra przenośne urządzenia multimedialne	Wycofywanie produktu z rynku
44	21	66	2022-08-27	Produkty	Tani laptop	Tanie urządzenia UM ITani Laptop I	Wycofywanie produktu z rynku
45	26	44	2022-08-28	Technologie	Zasilanie	Auto regenerujące ogniwa	Użytkuj i wdrażaj Technologie
46	27	49	2022-08-28	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne III	Użytkuj i wdrażaj Technologie
47	28	54	2022-08-28	Technologie	Procesor	Procesor IV OM	Użytkuj i wdrażaj Technologie
48	29	84	2022-08-28	Technologie	Matryce	Matryca HDS	Użytkuj Technologie w ramach umowy Outsourcing
49	30	62	2022-08-28	Produkty	Laptop	Laptop IV	Wprowadzenie produktu na rynek
50	33	85	2022-08-28	Technologie	Matryce	Ekran UWD elastyczny	Użytkuj Technologie w ramach umowy Outsourcing
51	40	44	2022-08-28	Technologie	Zasilanie	Auto regenerujące ogniwa	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
52	41	49	2022-08-28	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne III	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
53	42	54	2022-08-28	Technologie	Procesor	Procesor IV OM	Przygotuj strategię TT i wdrażaj te działania
54	22	4	2022-08-28	Badania naukowe	Zasilanie	Elastyczne pojemne ogniwa	Wdrażaj badania
55	23	9	2022-08-28	Badania naukowe	Konstrukcja	Konstrukcja III	Wdrażaj badania
56	24	15	2022-08-28	Badania naukowe	Procesor	Procesor IV OM	Wdrażaj badania
57	25	82	2022-08-30	Outsourcing komponentów	Matryce	Ekran UWD elastyczny	Wygaś Kontrakt Outsourcing
58	30	62	2022-09-04	Produkty	Laptop	Laptop IV	Wycofywanie produktu z rynku
59	31	64	2022-09-05	Produkty	Laptop	Ultra mobilny asystent	Wycofywanie produktu z rynku
60	32	65	2022-09-06	Produkty	Laptop	Tanie urządzenia UM II	Wycofywanie produktu z rynku
61	31	64	2022-09-27	Produkty	Laptop	Ultra mobilny asystent	Wprowadzenie produktu na rynek
62	32	65	2022-09-27	Produkty	Laptop	Tanie urządzenia UM II	Wprowadzenie produktu na rynek
63	14	81	2023-02-23	Outsourcing komponentów	Matryce	Matryca HDS	Wygaś Kontrakt Outsourcing
64	18	84	2023-02-23	Technologie	Matryce	Matryca HDS	Zaprzestań Użytkowania technologii
65	29	84	2026-01-26	Technologie	Matryce	Matryca HDS	Zaprzestań Użytkowania technologii
66	33	85	2026-01-26	Technologie	Matryce	Ekran UWD elastyczny	Zaprzestań Użytkowania technologii
67	5	42	2100-01-01	Technologie	Zasilanie	Ogniwo Polimerowe	Zaprzestań Użytkowania technologii
68	15	43	2100-01-01	Technologie	Zasilanie	Elastyczne i pojemne ogniwa	Zaprzestań Użytkowania technologii
69	16	48	2100-01-01	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne II	Zaprzestań Użytkowania technologii
70	17	53	2100-01-01	Technologie	Procesor	Procesor III Virtual Cores	Zaprzestań Użytkowania technologii
71	26	44	2100-01-01	Technologie	Zasilanie	Auto regenerujące ogniwa	Zaprzestań Użytkowania technologii

Lp.	ID_L	ID_H	Start	Warstwa	Podwarstwa	Obiekt	Działanie/ Decyzja
72	27	49	2100-01-01	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne III	Zaprzestań Użytkowania technologii
73	28	54	2100-01-01	Technologie	Procesor	Procesor IV OM	Zaprzestań Użytkowania technologii
74	34	42	2100-01-01	Technologie	Zasilanie	Ogniwo Polimerowe	Wycofuj działania TT
75	37	43	2100-01-01	Technologie	Zasilanie	Elastyczne i pojemne ogniwa	Wycofuj działania TT
76	38	48	2100-01-01	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne II	Wycofuj działania TT
77	39	53	2100-01-01	Technologie	Procesor	Procesor III Virtual Cores	Wycofuj działania TT
78	40	44	2100-01-01	Technologie	Zasilanie	Auto regenerujące ogniwa	Wycofuj działania TT
79	41	49	2100-01-01	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne III	Wycofuj działania TT
80	42	54	2100-01-01	Technologie	Procesor	Procesor IV OM	Wycofuj działania TT
81	6	47	2100-01-02	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne I	Zaprzestań Użytkowania technologii
82	35	47	2100-01-02	Technologie	Konstrukcja	Rozwiązanie konstrukcyjne I	Wycofuj działania TT
83	7	52	2100-01-03	Technologie	Procesor	Procesor II 2-16 core	Zaprzestań Użytkowania technologii
84	36	52	2100-01-03	Technologie	Procesor	Procesor II 2-16 core	Wycofuj działania TT

Źródło: Opracowanie własne.

0.6 Suplement Przykładu 5.2

Tab. 0.6 Definicje obiektów wraz z oceną wielokryterialną kosztu przejścia.

LP	Warstwa	ID	Obiekt	Zdarzenie	NPV	VAR	S
					[mln zł]	[]	[]
1	Badania naukowe	3-1,	Projekt Badawczy Mechatronika	$e_{uc,1}$	-31,86862797	78,97201679	8
2	Badania naukowe	3-2,	Projekt Badawczy Mechatronika II	$e_{uc,2}$	-24,23964165	25,4422422	8
3	Badania naukowe	3-3,	Projekt Badawczy Mechatronika III	$e_{uc,3}$	-28,46941729	66,8773039	8
4	Badania naukowe	5-1,	Projekt Badawczy Wizja	$e_{uc,4}$	-27,14637529	49,94758772	7
5	Badania naukowe	5-2,	Projekt Badawczy Wizja II	$e_{uc,5}$	-34,86844199	80,1747285	7
6	Badania naukowe	5-3,	Projekt Badawczy Wizja III	$e_{uc,6}$	-26,54157842	42,81437693	7
7	Badania naukowe	1-3,	Uniwersalny system monitoringu II	$e_{uc,7}$	-28,28011245	37,08062101	7
8	Licencje	7-1,	Licencjonowany komp L1	$e_{uc,8}$	-31,98474422	30,77792468	8
9	Licencje	6-1,	Licencjonowany komp L1	$e_{uc,9}$	-38,79134655	40,6326133	4
10	Licencje	8-1,	Licencjonowany komp L2	$e_{uc,10}$	-39,18457614	47,93959612	4
11	Produkty	2-2,	Przemysłowy system sensoryczny	$e_{uc,11}$	214,1521396	1623,212954	8
12	Produkty	2-1,	System sensoryczny	istnieje	144,8379649	1102,060553	8
14	Produkty	1-1,	Systemy monitoringu środowiska	$e_{uc,12}$	214,1577943	1426,292325	8
15	Produkty	1-2,	Uniwersalny system monitoringu I	$e_{uc,13}$	59,6959309	47,76993682	8
16	Produkty	1-3,	Uniwersalny system monitoringu II	$e_{uc,14}$	59,6959309	47,76993682	8
17	Produkty	2-3,	Uniwersalny system sensoryczny I	$e_{uc,15}$	96,93048616	157,3204856	8
18	Produkty	2-4,	Uniwersalny system sensoryczny II	$e_{uc,16}$	204,8211492	793,4298505	8

Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 0.7 Definicje obiektów wraz z oceną wielokryterialną, kosztów przejść.

Lp.	Pkt. Bifurkacyjny	ID	NPV	ENPV	Risk	Poz. Strategiczna
1	1	1.1.1	155,1371363	225,1348717	193,8409282	8
2	1	1.1.2	136,1762169	136,1762169	180,5425766	4
3	1	1.1.3	143,0989355	143,0989355	192,824252	8
4	1	1.1.4	148,2144178	148,2144178	181,6280134	7
5	1	1.2.1	155,142791	214,1577943	177,6772367	8
6	1	1.2.2	136,1818716	136,1818716	163,0659897	4
7	1	1.2.3	143,1045902	143,1045902	176,5675145	8
8	1	1.2.4	148,2200724	148,2200724	164,2669482	7
9	2	1.3.1	214,1577943	369,2949306	142,6292325	8
10	2	1.3.2	136,1818716	136,1818716	163,0659897	4
11	2	1.3.3	182,2891663	337,4263026	163,0327495	8
12	2	1.3.4	187,011419	342,1485553	151,122002	7
13	3	2.1.1	37,82240253	102,0475108	195,5837853	8
14	3	2.1.2	25,7611658	25,7611658	174,0500664	3
15	3	2.1.3	18,95456347	18,95456347	176,0600869	4

16	3	2.1.4	33,50626837	73,49173499	173,1861791	8
17	3	2.1.5	30,07729995	59,43396624	196,3491534	7
18	3	2.1.6	23,27069762	52,62736391	198,1330832	7
19	3	2.2.1	0,587847268	59,6959309	125,6393598	7
20	3	2.2.2	-11,47338946	-11,47338946	88,46274506	7
21	3	2.2.3	-18,27999179	-18,27999179	92,35467438	7
22	3	2.2.4	-3,728286888	20,51135476	86,75070204	7
23	3	2.2.5	-7,157255306	27,71118668	126,8275273	7
24	4	2.3.1	59,6959309	59,6959309	47,76993682	7
25	4	2.3.2	-11,47338946	-11,47338946	88,46274506	7
26	4	2.3.3	-18,27999179	-18,27999179	92,35467438	7
27	4	2.3.4	20,51135476	20,51135476	54,12277296	7
28	4	2.3.5	24,82748892	27,71118668	93,32713407	7
29	5	3.1.1	149,8101535	219,5829829	120,1416863	8
30	5	3.1.2	133,6518289	133,6518289	108,8071674	4
31	5	3.1.3	126,8452265	126,8452265	111,9943226	4
32	5	3.1.4	146,2948266	181,199214	104,4448738	7
33	5	3.1.5	139,4882242	174,3926116	107,761126	7
34	5	3.2.1	4,684935201	59,6959309	102,0817436	8
35	5	3.2.2	-11,47338946	-11,47338946	88,46274506	4
36	5	3.2.3	-18,27999179	-18,27999179	92,35467438	4
37	5	3.2.4	-7,958062525	20,51135476	106,5408391	8
38	5	3.2.5	1,169608263	27,71118668	83,03848057	7
39	6	3.3.1	59,6959309	59,6959309	47,76993682	8
40	6	3.3.2	-11,47338946	-11,47338946	88,46274506	4
41	6	3.3.3	-18,27999179	-18,27999179	92,35467438	4
42	6	3.3.4	20,51135476	20,51135476	67,6769661	8
43	6	3.3.5	27,71118668	27,71118668	56,82646841	7

Źródło: Opracowanie własne.

W Tab. 0.7 kolorem zaznaczono rozwiązania niezdominowane, a w tabeli Tab. 0.6 zawarto rozwiązania optymalne w wyniku rozwiązania zagadnienia problemowego.

0.7 Kod źródłowy głównych komponentów systemu

0.7.1 Interfejsy obsługi metod wielokryterialnych

```
1 public class MCDAPProblem
2 {
3     public IList<Alternative> Alternatives { get; private set; }
4     public IPreferenceFunction PreferenceFunction { get; private set; }
5     public IList<CriterionDefinition> Criteria { get; private set; }
6     public MCDAPProblem(IList<Alternative> alternatives, IList<CriterionDefinition> criteriaDefinitions, IPreferenceFunction preffunction)
7     public String description()
```

Kod źródłowy 0.1 Obiekt identyfikacji problemu wielokryterialnego

```
1 public interface Solver
2 {
3     IList<Tuple<Alternative, double>> GetResult();
4     void Solve();
5 }
```

Kod źródłowy 0.2 Interface komponentu zarządzania wykonaniem obliczeń metod wielokryterialnych

```
1 class UTASTARSolver : Solver
2 {
3     private MCDAPProblem Problem;
4     private IList<CriterionClass> Classes;
5     private IList<Tuple<Alternative, double>> tmpSolution;
6     private double Threshold;
```

```
    public UTASTARSolver(MCDAPProblem problem,
7     IList<CriterionClass> classes, double threshold)
8     public void Solve()
9     public IList<Tuple<Alternative, double>> GetResult()
10 }
```

Kod źródłowy 0.3 Obiekt konstrukcji rankingu dla metody UTASStar

```
1 class UTADISSolver : Solver
2 {
3     private MCDAPProblem Problem;
4     private IList<CriterionClass> Classes;
5     private IList<Tuple<Alternative, double>> tmpSolution;
6     private double Threshold;
7     public UTADISSolver(MCDAPProblem problem,
8     IList<CriterionClass> classes, double threshold,
9     IList<PointsClass> cutoffpoints)
10     public void Solve()
11     public IList<Tuple<Alternative, double>> GetResult()
```

Kod źródłowy 0.4 Obiekt służący do klasyfikacji alternaty dla metody UTADIS

0.7.2 Interfejsy obsługi metod opcji rzeczywistych

```
1 public interface RealOption
2 {
3     private void matrix_parameters()
4     private void debug()
5     public void initMatrix()
6     public void Solver()
```

```
7     public double GetOptionValue()
8 }
```

Kod źródłowy 0.5 Interface komponentu zarządzania opcjami rzeczywistymi

```
1 public class RO:RealOption
2 {
```

```

3  public double SO { get; set; }
4  public double X { get; set; }
5  public double R { get; set; }
6  public double T { get; set; }
7  public double DT { get; set; }
8  public double Viol { get; set; }
9  public NodeRO root { get; set; }
10 public int N_all { get; set; }
11 public double p { get; set; }
12 public double u { get; set; }
13 public double d { get; set; }
14 public double a { get; set; }

    public virtual IList<IList<NodeRO>> Matrix { get;
15 set; }

16 public RO()

    public RO(double SO_, double X_, double R_,
17 double T_, double DT_, double Viol_)

18 public void probability()

19 public virtual void initMatrix_fill_price()

20 private void matrix_parameters()

21 private void debug()

22 public void initMatrix()

23 public void Solver()

24 public double GetOptionValue()

25 }

```

[Kod źródłowy 0.6](#) Obiekt reprezentacji opcji rzeczywistej

```

8  public double GetOptionValue()
9  }

```

[Kod źródłowy 0.7](#) Przykład Obiektu opcji „porzucenia” projektu

```

1  class RoAbandon:RO
2  {

    public RoAbandon(double NPV, double Salvage_price,
    double Risk_free, double T_, double DT_, double
3  Viol_)

4  private void matrix_parameters()

5  private void debug()

6  public void initMatrix()

7  public void Solver()

```

0.7.3 Obsługa komponentu SZD (hiperhipergraf)

```
1 public interface DES
2 {
3     public void init_struct()
4 }
```

Kod źródłowy 0.8 Interface komponentu DES

```
1 public class rawItem :DES
2 {
3     public string id { get; set; }
4     public void init_struct()
5 }
```

Kod źródłowy 0.9 Przykład prostego Obiektu DES

```
1 public class Hipergraph : rawItem
2 {
3     public IList<ObjectItems> objects { get; set; }
4     public IList<HiperEdgeItem> HiperEdgeList { get; set; }
5     public Hashtable objectHash { get; set; }
6     public Hashtable activStateHash { get; set; }
7     public Hipergraph(Objects objects_struct)
8     public Hipergraph()
9     public void init_struct()
10 }
```

Kod źródłowy 0.10 Przykład Obiektu HiperHipergraf

0.7.4 Interfejsy obsługi komponentu problemu decyzyjnego

```
1 class implementationPlan
2 {
3     private IList<Decision_Simple> list;
4     public implementationPlan(MulticriteriaProblem ML)
5     public void orderedImplemntationPlan()
6 }
```

Kod źródłowy 0.11 Obiekt reprezentujący plan implementacji

```
1 public class solution_cluster
2 {
3     private IList<solution_cluster_item> list;
4     private MulticriteriaProblem Problem_ML;
5     public IList<solution_cluster_item> get_list()
6     public MulticriteriaProblem get_problem_ML()
7     private IList<solution_cluster_item>
8     set_list(MulticriteriaProblem ML)
9 }
```

Kod źródłowy 0.12 Obiekt reprezentujący proponowane zadawające rozwiązanie

```
1 public class DecisionProblem
2 {
3     public Structure structure { get; set; }
```

```
4     public double capital_budget { get; set; }
5     public IList<double> capital_horizont { get; set; }
6     public IList<double> capital_horizont_full { get; set; }
7     public int central_cluster_index { get; set; }
8     public double discount_rate { get; set; }
9     public IList<double> rise_rate_model { get; set; }
10    public IList<double> rise_rate { get; set; }
11    public DateTime init_date { get; set; }
12    private DateTime fin_date { get; set; }
13    public DateTime counter { get; set; }
14    private int num_step { get; set; }
15    public Hipergraph hipergraph { get; set; }
16    public IList<HG_shadow>
17    shadow_HG_list_init { get; set; }
18    public IList<HG_shadow> shadow_HG_list { get; set; }
19    public Hashtable shadow_HG_list_hash { get; set; }
20    public IList<int> active_HG_list_now { get; set; }
```

```

    public Hashtable all_active_objects_hash {
20  get; set; }

    public Hashtable
21  all_active_objects__evry_hash { get; set; }

    public IList<HG_shadow>
22  shadow_HG_list_temp { get; set; }

    public Hashtable
23  shadow_HG_list_temp_hash { get; set; }

    public IList<Grouping_tech_product>
24  grouping_technology { get; set; }

```

```

    public Hashtable grouping_connection {
25  get; set; }

26  public void find_solution()

27  public IList<HG_shadow> get_solution()

28  public void show_implementation_plan()

29  public void show_parameters_all()

30  }

```

Kod źródłowy 0.13 Obiekt reprezentujący problem decyzyjny

A

AHP, 41
analiza decyzji, 41
analiza portfolio, 55, 210
analiza ryzyka, 71
analiza SWOT, 55, 210
ankiety delfickie, 71

B

bibliometrics, 71
brainstorming, 72

C

communication based, 33, 46

D

data driven, 33
data envelopment analysis, 72
data mining, 38
deadlock, 140
destrukcyjna innowacja, 53
diagram roadmappingowy, 51
diagram sieciowy, 52
disruptive technology, 54
Dokument driven, 38
DPUP, 213

E

ekspertyzy eksperckie, 71
eksploracja trendów, 71

G

grupa fokusowa, 71
grupowe systemy wspomagania decyzji, 46

I

innowacja, 7
inteligentne systemy wspomagania decyzji, 43, 44

K

katalog narzędzi RM, 55, 210
knowledge based, 43
knowledge driven, 33
komercjalizacja technologii, 10

L

licencja, 16

M

macierze analityczne, 55, 210
matryce innowacji, 55, 210
metody wielokryterialne, 41
model driven, 34, 39, 41
model oriented, 39
modele optymalizacyjne, 33
modele reprezentatywne, 33
modele sugestywne, 33
modyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, 238

N

NPD-MP, 213

O

opcja kontynuacji, 241
opcja odstąpienia, 241
opcja rzeczywista, 239
opcja wyboru, 241
opcja złożona, 241

opcja zmiany, 241

opcja zwlekania, 241

P

panel ekspercki, 71

patent analysis, 71

planowanie strategiczne, 11

portfel patentów, 16

*problem rozwoju produktu i jego
umiejscowienia na rynku, 68*

R

requirements analysis, 72

roadmapping technologiczny, 27

S

scientometrics, 71

sieci Petriego, 129

sterowalność, 140

strategie opcyjne, 243

System Analizy Danych, 32

System Analizy Informacji, 32

System Wspomagania Decyzji, 32

System zarządzania wiedzą, 33

system zdarzeń dyskretnych, 128

systemy bazujące na komunikacji, 46

systemy bazujące na wiedzy, 43

systemy oparte o sieć Web, 38

systemy sugestywne, 43

systemy ukierunkowane na dane, 34

systemy ukierunkowane na model, 39

Systemy Wspomagania Decyzji, 16, 17

systemy zorientowane obliczeniowo, 39

sztuczna inteligencja, 43

Ś

średni ważony koszt kapitału, 237

T

technologia, 8, 16

transfer technologii, 215

Transfer Technologii, 8, 16, 17, 22, 23

trendy i scenariusze, 71

TRIZ, 55, 72

W

warstwa akwizycji wiedzy, 81

warstwa analityczna, 85

warstwa modelowania, 83

warstwa prezentacji, 86

warstwa problemu decyzyjnego, 79

warstwa wiedzy, 82

web based, 38

wewnętrzna stopa zwrotu, 238

własność intelektualna, 18, 27

workshop, 71

WSNB, 213

wywiad, 71

Z

zarządzanie łańcuchem dostaw, 42

zarządzanie ryzykiem, 17

*zdyskontowane przepływy pieniężne, 237,
238*

WYKAZ SKRÓTÓW

A

AADTP - active absorption and diffusion technology problem, 62, 69, 74, 84, 163, 164, 170, 171, 179, 182, 186, 197

AAIMS - an analytical information management system, 35

AI - sztuczna inteligencja, 43

APL - a programming language, 35

B

B&R – research and development, 62, 174

BI - business intelligence, 34, 37

C

CRM - customer relationship management, 37

D

DCF - discounted cash flows methods, 237, 242

DEA - data envelopment analysis, 72

DFA - Deterministic Finite Automata, 131, 132, 136

DFEH - Deterministic Finite Extended Hiperautomaton, 132

DP – Dynamic programming, 146, 151

DPUPN - problem dostosowania produkcji do uregulowań prawnych, 61

DRA - database retrieval applications, 37

DRM – diagram roadmappingowy, 68, 70, 123, 131

E

EIS - executive information systems, 35

ENPV - net expanded present value, 153, 155, 175, 206

ERP - enterprise resource planning, 37, 42

ESS - executive support systems, 35, 37

G

GIS - geographic information systems, 37

GSWD - group decision support systems, 46

I

ICT - information and communications technology, 15, 32, 37, 47, 56, 102, 106

IP - intellectual property, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 18, 64

IPV - individual process view, 187

IRR -. internal rate of return, 238

ISWD, 43, 44

IT - information technology, 48

M

MAD – marketed asset disclaimer, 240

MAS - Microsoft Academic Search, 40, 48

MCDA- multiple criteria decision analysis, 41

MD – mapa drogowa, 51, 52, 53, 54, 56, 66, 173, 174, 191

MIDS - management information and decision support, 37

MIRR - modified internal rate of return, 238

MRP - material requirements planning, 42

N

NPD-MP – new product development and market place, 60, 61, 68, 69, 74, 144, 181, 213, 215

NPD-MP – new product development and market placement, 111

NPV - net present value, 153, 238, 240

O

OLAP - online analytical processing, 34, 37, 38

OWL - web ontology language, 111, 112

P

PEEST - political, economic, environmental, scientific, technological, 65

PERT - program evaluation and review technique, 14

PEST - political, economic, scientific, technological, 65

PM - project management, 37

Q

QFD - quality function deployment, 55, 210

R

RM, 13, 53, 64, 66

RM – roadmapping, 55

RO – real option, 239

S

SC - supervisory control, 131

SC – Supervisory Control, 132

SCM - supply chain management, 37, 42

SI – system informatyczny, 63

SIn – system informacyjny, 63

SSWD - spatial decision support systems, 37

SWD - systemy wspomagania decyzji, 16, 18, 19, 27, 31, 33, 34, 38, 39, 43, 46, 47, 48, 57, 66, 74, 82, 187, 215, 216

SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats), 55, 65, 210

SWOTC(strengths, weaknesses, opportunities, threats, and challenges), 65

SZD – system zdarzeń dyskretnych, 115, 128, 129, 139, 185

T

TRIZ - теория решения изобретательских задач (teoriya resheniya izobretatelskikh zadach), 55

TT, 8, 25

W

WACC - weighted average cost of capital, 237

WOS - web of science, 20, 21

SPIS RYSUNKÓW

Rys.1.1 Transfer wiedzy i technologii w systemie innowacyjnym.	9
Rys. 1.2 Import oraz eksport zaawansowanych technologii w Polsce.	21
Rys. 1.3 Prognozy aktywności publikacyjnej w obszarze systemów wspomagania decyzji i transferu technologii.	22
Rys. 1.4 Aktywność publikacyjna w zakresie TT oraz DSS.	23
Rys. 2.1 Trendy użytkowania najważniejszych metod w architekturze data-driven.	36
Rys. 2.2 Trendy użytkowania metody w architekturze model-driven [ilość publikacji].	40
Rys. 2.3 Obszary aktywności publikacyjnej dla systemów model-driven.	42
Rys. 2.4 Trendy użytkowania najważniejszych metod w architekturze knowledge-driven.	45
Rys. 2.5 Trendy użytkowania najważniejszych metod w architekturze communication-driven.	50
Rys. 2.6 Przykład DRM producenta systemów monitoringu.	53
Rys. 2.7 Przykład realizacji klasycznego procesu roadmappingu.	54
Rys. 3.1 System informacyjny realizujący proces decyzyjny bazujący na metodzie roadmappingu.	64
Rys. 3.2 Schemat obiegu informacji w systemie zgodnym z metodą roadmappingu technologicznego.	70
Rys. 3.3 Wstępna koncepcja procesu zarządzania wiedzą SWD.	72
Rys. 4.1 Architektura funkcjonalna SWD.	78
Rys. 4.2 Architektura warstwowa SWD.	78
Rys. 4.3 Powiązania komponentów aktywnych, pasywnych i systemowych w SWD.	88
Rys. 4.4 Hierarchiczna architektura SWD.	89
Rys. 4.5 Architektura SWD opartego na roadmappingu technologicznym (diagram komponentów).	90
Rys. 4.6 Koncepcja konstrukcji systemu wspomagania decyzji w oparciu o metodę roadmappingu technologicznego.	92
Rys. 4.7 Architektura procesu wspomagania decyzji opartego o roadmapping.	94
Rys. 4.8 Architektura procesowa dla pierwszej fazy procesu wspomagania decyzji /RM.	95
Rys. 4.9 Architektura procesowa dla drugiej fazy procesu wspomagania decyzji /RM.	96
Rys. 4.10 Architektura procesowa dla trzeciej fazy procesu wspomagania decyzji /RM.	97
Rys. 4.11 Architektura procesowa dla czwartej fazy procesu wspomagania decyzji / RM.	98
Rys. 4.12 Koncepcja implementacji warstwy roadmappingu.	98
Rys. 4.13 Architektura komunikacji warstwy środowiska zarządzania systemem z innymi modułami.	99
Rys. 4.14 Architektura procesowa warstwą środowiska zarządzania systemem.	100

Rys. 4.15 Koncepcja implementacji warstwy środowiska.	101
Rys. 4.16 Architektura procesowa warstwy akwizycji wiedzy.	104
Rys. 4.17 Koncepcja implementacji warstwy akwizycji wiedzy.	105
Rys. 4.18 Koncepcja architektury systemu zarządzania wiedzą.	107
Rys. 4.19 Koncepcja systemu zarządzania wiedzą.	108
Rys. 4.20 Diagram przypadków użycia dla warstwy wiedzy.	109
Rys. 4.21 Diagram aktywności bazy wiedzy.	110
Rys. 4.22 Diagram aktywności elementów akwizycji wiedzy.	111
Rys. 4.23 Architektura baz wiedzy dla SWD (diagram komponentów).	112
Rys. 4.24 Diagram komponentów ontologii dedykowanej wspomaganiu decyzji.	113
Rys. 4.25 Architektura bazy wiedzy dedykowanej roadmappingowi (diagram komponentów UML).	115
Rys. 4.26 Architektura procesowa warstwy zarządzania wiedzą.	116
Rys. 4.27 Koncepcja implementacji warstwy zarządzania wiedzą.	116
Rys. 4.28 Architektura procesowa warstwy modelowania.	119
Rys. 4.29 Koncepcja implementacji warstwy modelowania.	120
Rys. 4.30 Architektura procesowa warstwy analitycznej.	122
Rys. 4.31 Koncepcja implementacji warstwy analitycznej.	122
Rys. 4.32 Architektura procesowa warstwy zarządzania wiedzą.	124
Rys. 4.33 Koncepcja implementacji warstwy zarządzania wiedzą.	124
Rys. 5.1 Przykład hiperautomatu z wyróżnionym wejściem i wyjściem opisującego zagadnienie rozwoju oprogramowania.	135
Rys. 5.2 Przykład identyfikacji systemu technologicznego dla problemu AADTP systemu sensorycznego.	144
Rys. 5.3 Przykładowa wizualizacja modelu AADTP systemu sensorycznego.	145
Rys. 5.4 Przykład diagramu bazowego RM dla systemów wizyjnych.	159
Rys. 5.5 Rezultat funkcjonowania algorytmu dla systemów wizyjnych.	159
Rys. 5.6 Wartości kryteriów dla wszystkich identyfikowanych strategii (w tym niezdominowanych).	160
Rys. 6.1 Topologia sieciowa dla scenariusza testowego PP_1.	166
Rys. 6.2 Topologia logiczna zasobów witalizowanych i fizycznych dla scenariusza testowego PP_1.	166
Rys. 6.3 Topologia sieciowa dla scenariusza testowego PP_2.	167
Rys. 6.4 Topologia logiczna zasobów witalizowanych i fizycznych dla scenariusza testowego PP_2.	167

Rys. 6.5 Architektura testowa SWD dla PP_1.....	170
Rys. 6.6 PP_1 Diagram roadmappingowy - model PP_1 (W1).....	176
Rys. 6.7 Diagram roadmappingowy PP_1 (W1)– efekt zastosowania algorytmów decyzyjnych.	177
Rys. 6.8 Ocena porównawcza efektywności analitycznej wszystkich metod dla scenariusza testowego PP_1.....	178
Rys. 6.9 Optymalna trajektoria w przestrzeni wielokryterialnej PP_1 (metoda UTASStar), Wariant I, II, III.....	178
Rys. 6.10 Współdzielenie wiedzy w systemie informacyjnym PP_1 (profile W1-W3).	179
Rys. 6.11 Architektura testowa SWD dla PP_2.....	182
Rys. 6.12 Struktura naboru ekspertów dla badania PP_2 na podstawie badania ankietowego.	184
Rys. 6.13 Ekran Powitalny.....	189
Rys. 6.14 Definicja wielopoziomowych uprawnień użytkowników i grup.	190
Rys. 6.15 Zarządzanie użytkownikami i grupami wraz z przydziałem uprawnień.....	191
Rys. 6.16 Planowanie i nadzorowanie procesu RM z poziomu użytkownika.	191
Rys. 6.17 Jedna z dedykowanych list współdzieleniu wiedzy (analiza bibliometryczna).	192
Rys. 6.18 Workspace Warstwa Badania- integracja działań grup zadaniowych skupiona wokół jednego zakresu roboczego.	192
Rys. 6.19 Proces specyfikacji potencjalnych obszarów i celów analizy.....	193
Rys. 6.20 Proces specyfikacji potencjalnych źródeł informacji (identyfikacja).	193
Rys. 6.21 Proces specyfikacji potencjalnych problemów związanych z tematem analizy (jeśli jest zatwierdzony, wówczas podlega ocenie).	194
Rys. 6.22 Definicja zadań jednostkowych na etapie specyfikacji (ilustracja wykres Gantta). .	195
Rys. 6.23 Ewaluacja zadań specyfikacji.	195
Rys. 6.24 Utworzenie specyfikacji RM.	196
Rys. 6.25 Definicja zadań elementarnych dla procesów implementacji.....	196
Rys. 6.26 Przykładowa edycja obiektów identyfikowanych w modelu.....	197
Rys. 6.27 Edytor relacji kauzalnych pomiędzy obiektami.....	198
Rys. 6.28 Edytor dynamiki obiektów.....	198
Rys. 6.29 Katalog zdarzeń.	199
Rys. 6.30 Workspace Rezultaty- integracja działań grup zdaniowych skupiona wokół jednego zakresu roboczego.....	199
Rys. 6.31 Edytor rozszerzenia wiedzy obiektu oraz relacji.	200
Rys. 6.32 Przykładowe elementy bazy wiedzy.	200

Rys. 6.33 Przykładowe boty akwizycji wiedzy patentowej uruchomione w środowisku C#/Java.	201
Rys. 6.34 Ewaluacja kompletności wykonania oddelegowanych zadań.....	201
Rys. 6.35 Ewaluacja poprawności wykonanych zadań.....	202
Rys. 6.36 Workspace zamknięcie procesu modelowania.	202
Rys. 6.37 Katalog cech i funkcjonalności modelu transferu technologii.....	203
Rys. 6.38 Workspace Rezultaty- integracja działań grup zdaniowych skupiona wokół jednego zakresu roboczego.....	203
Rys. 6.39 Diagram RM wraz z planem implementacji.	204
Rys. 6.40 Trajektoria wielokryterialna przy zastosowaniu różnych metod OW: UTAStar, UTADis, Promethe oraz Electre.	205
Rys. 6.41 Płaszczyzny kryteriów dla wybranej metody OW (rzuty na właściwe kryteria).	205
Rys. 6.42 Analiza porównawcza scenariuszy wynikowych dla przeprowadzonych testów.	206
Rys. 6.43 Porównanie rezultatów obliczeń dla kryterium finansowego dla różnych metod. ...	206
Rys. 6.44 Współdzielenie wiedzy w systemie informacyjnym PP_2.	207
Rys. 6.45 Przykład realizacji testów dla środowiska Lumina Analytica dla problemu PP_2... 209	209
Rys. 6.46 Rankingowanie metod W1-W3 dla scenariuszy testowych PP_1 i PP_2.....	211
Rys. 0.1 Podstawowe strategie optycznie użytkowane w działalności gospodarczej.....	243
Rys. 0.2 Ogólny schemat tworzenia DRM (Opracowanie własne).....	245

SPIS TABEL

Tab. 2.1 Cechy użytkowe wybranych architektur SWD.....	57
Tab. 4.1 Objasnienie symboli uzytkowanych w opisie modelu systemu.....	79
Tab. 4.2 Objasnienie i interpretacja podstawowych zdarzen.....	87
Tab. 4.3 Objasnienie i interpretacja podstawowych akcji.....	88
Tab. 4.4 Implementowane metody modulu modelowania.....	118
Tab. 4.5 Implementowane metody modulu analitycznego.....	121
Tab. 5.1 Specyfikacja funkcji f dla stanów wyjsciowych <i>Sout</i>	134
Tab. 5.2 Specyfikacja funkcji przejścia f	134
Tab. 5.3 Specyfikacja zbioru decyzji i kosztu przejścia.....	156
Tab. 5.4 Wartości kryteriów opisujące strategię kompromisową wdrażającą metody transferu technologii.....	160
Tab. 6.1 Konfiguracja sprzętowa Virtual Server Microsoft Hiper-V I.....	168
Tab. 6.2 Konfiguracja sprzętowa Virtual Server Microsoft Hiper-V II.....	168
Tab. 6.3 Konfiguracja programowa komponentów system wspomagania decyzji zainstalowanych w testowanych architekturach.....	169
Tab. 6.4 Podział kompetencyjny grup eksperckich dla scenariusz testowego PP_I.....	171
Tab. 6.5 Uzytkowane wzorce SWD dla scenariusza testowego PP_I.....	171
Tab. 6.6 Porównanie ilościowe rezultatów zastosowanych metod W1-W3.....	180
Tab. 6.7 Przydział zadaniowy Grup eksperckich dla PP_II.....	183
Tab. 6.8 Uzytkowane wzorce SWD dla różnych metod scenariusza testowego PP_II.....	187
Tab. 6.9 Porównanie ilościowe rozwiązania problemu identyfikowanego w Badaniu II z wykorzystaniem metod porównawczych.....	208
Tab. 0.1 Analogie stosowane dla opcji rzeczywistej i finansowej.....	239
Tab. 0.2 Klasyfikacja opcji rzeczywistych.....	241
Tab. 0.3 Przegląd oprogramowania planowania strategicznego w oparciu o metodę roadmappingu.....	249
Tab. 0.4 Rankingowanie metod weryfikowanych w Rozdziale szóstym.....	252
Tab. 0.5 Opracowane kompromisowe rozwiązanie dla scenariusza testowego PP_I.....	253
Tab. 0.6 Definicje obiektów wraz z oceną wielokryterialną kosztu przejścia.....	256
Tab. 0.7 Definicje obiektów wraz z oceną wielokryterialną, kosztów przejść.....	256

KOD ŹRÓDŁOWY

Kod źródłowy 0.1 Obiekt identyfikacji problemu wielokryterialnego	258
Kod źródłowy 0.2 Interface komponentu zarządzania wykonaniem obliczeń metod wielokryterialnych	258
Kod źródłowy 0.3 Obiekt konstrukcji rankingu dla metody UTASStar	258
Kod źródłowy 0.4 Obiekt służący do klasyfikacji alternaty dla metody UTADIS	258
Kod źródłowy 0.5 Interface komponentu zarządzania opcjami rzeczywistymi	258
Kod źródłowy 0.6 Obiekt reprezentacji opcji rzeczywistej	259
Kod źródłowy 0.7 Przykład Obiektu opcji „porzucenia” projektu	259
Kod źródłowy 0.8 Interface komponentu DES	260
Kod źródłowy 0.9 Przykład prostego Obiektu DES	260
Kod źródłowy 0.10 Przykład Obiektu HiperHipergraf	260
Kod źródłowy 0.11 Obiekt reprezentujący plan implementacji	260
Kod źródłowy 0.12 Obiekt reprezentujący proponowane zadawalające rozwiązanie	260
Kod źródłowy 0.13 Obiekt reprezentujący problem decyzyjny	261

ABSTRACT

The doctoral dissertation concerns the issue of Decision Support System dedicated to problems of Technology Transfer for information technologies. The very subject matter of the dissertation poses a problem of a very practical relevance, especially for the contemporary high-tech economic operators which experience rapid growth. On practical applications, the entrepreneurs frequently search for strategic planning methods that will allow the active usage of the acquisition and diffusion technology in the economic activity, so called Active Absorption and Diffusion Technology Problem (AADTP).

The study discusses the issue of the development of strategic plans of the contemporary operators with the use of various tools. Ultimately, a method of so called Technology roadmapping (RM) was chosen as the method dedicated to the issue of technology transfer on different decision-making and organizational levels. Then, the formal model of decision making was introduced with the use of the Discrete Event System (SZD) and the Multidimensional Optimization (OW). The developed decisive model was implemented in the form of information system which actively uses the knowledge management mechanisms.

The operation of the proposed algorithms was illustrated with the use of various scenarios of the potential usages of the method. Additionally, different functional characteristics of the implemented informational methods and informational systems were used in order to examine their key features. The scenarios assumed the solution of the AADTP problem in different uses: mobile and multimedia solutions and the development of Big Data software.

The proposal for the implementation of RM and application of the newly designed dedicated algorithms and decisive models suggested in the study significantly improved the quality of the very RM method. The algorithmic and technical aspects allowing better decision-making were often omitted in studies concerning roadmapping. One of the postulates of the doctoral dissertation was the improvement of the indicated functional features.

STRESZCZENIE

W rozprawie doktorskiej rozważano problematykę konstrukcji systemu wspomagania decyzji dedykowanym zagadnieniom transferu technologii informatycznych w wykorzystaniu metody roadmappingu. Sama tematyka rozprawy stanowi problem o dużym znaczeniu praktycznym, szczególnie współcześnie dla intensywnie rozwijających się podmiotów gospodarczych rynku high-tech. W zastosowaniach praktycznych przedsiębiorcy branż high-tech często poszukują metod planowania strategicznego i operacyjnego pozwalających na aktywne użytkowanie we własnej działalności gospodarczej technik akwizycji i dyfuzji technologii, tzw. problem aktywnej absorpcji i dyfuzji technologii (ang. *Active Absorption and Diffusion Technology Problem*, skrót *AADTP*).

W ramach rozprawy doktorskiej omówiono problematykę budowy planów strategicznych i operacyjnych w podmiotach różnego typu, z wykorzystaniem różnych narzędzi. Finalnie dokonano wyboru jednej z metod planistycznych, tzw. Roadmappingu technologicznego (ang. *Roadmapping*, skrót *RM*) jako metody dedykowanej zagadnieniom wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych. Następnie wprowadzono formalny model hybrydowej architektury systemu wspomagania podejmowania decyzji. Zaprezentowano również własną implementację Systemu Zdarzeń Dyskretnych (SZD) oraz Optymalizacji Wielokryterialnej (OW). Opracowany model systemu wspomagania decyzji zaimplementowano w formie systemu informatycznego użytkującego aktywne mechanizmy zarządzania wiedzą.

Działanie przedstawionych w pracy metod i technik zilustrowano z wykorzystaniem różnych scenariuszy implementacyjnych. Dodatkowo badano różne użytkowe charakterystyki zastosowanych metod i technik, celem sprawdzenia kluczowych ich własności. Scenariusze badań zakładały rozwiązanie problemu AADTP na przekroju różnych zastosowań praktycznych: wytwarzanie rozwiązań mobilnych i multimedialnych oraz rozwój rozwiązań typu Big Data.

Jednym z postulatów rozprawy doktorskiej była poprawa wskazanych własności funkcjonalnych klasycznej metody RM przez zastosowanie elastycznej architektury systemu informatycznego dedykowanej procesowi wspomagania decyzji w transferze technologii. Propozycja implementacji RM oraz zastosowanie nowo opracowanych dedykowanych algorytmów i modeli decyzyjnych zaproponowanych w pracy, znacznie poprawiła własności samej metody RM.

Oświadczenie autora pracy:

Oświadczam, że niniejszą rozprawę doktorską
wykonałem osobiście i samodzielnie.