

System wspomagania decyzji w transferze technologii informatycznych oparty o metodę roadmappingu

mgr inż. Przemysław Krystian Pukocz

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Maciej Skulimowski

1.1 Cel pracy

Niniejsza rozprawa jest bezpośrednią odpowiedzią na istnienie luki w zakresie narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w transferze technologii, wskazane między innymi w pracach [1], [2], [3]. Przedstawiony tu projekt i prototypowa implementacja takiego systemu (*Rozdział piaty*) 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. Wyspecyfikowanie 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.

1.2 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: [4], [5], [6]).

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. Można stwierdzić, że zainteresowanie transferem technologii 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. 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. 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, kgbm.com), Ivona (obecnie część Amazon, syntezy mowy, www.ivona.com), COMP (systemy informatyczne, www.comp.com.pl), itd.

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. Obecnie istniejące rozwiązania z uwagi na zawłość 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 dyskrecji i wyczucia z uwagi na charakter IP.

Większość dostępnych na rynku rozwiązań wspomagających proces podejmowania decyzji operuje na dwóch podstawowych architekturach: zarządzania wiedzą oraz data-driven (szerzej opisane w rozprawie, 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 ([5], [6], [1]). 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 drogich licencji, a ich wdrożenie jest również kosztowne.

Często identyfikuje się w podmiotach gospodarczych bariery utrudniające prawidłową realizację procesów Transferu Technologii 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.

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.

1.3 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.

1.4 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.

1.5 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 [7]). 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.

1.6 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.

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 rozproszonym. 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/>, 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.

1.7 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: [6], [8], [4], [9], [10], [11, 12], [7].

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,
- rozszerzenie oceny technologicznej w obszarze implementacji metod analitycznych o elementy inżynierii finansowej wraz z opcjami rzeczywistymi,
- opracowanie dedykowanych metod modelowania zagadnienia problemowego wiedzy w oparciu o teorię systemu zdarzeń dyskretnych oraz o teorie hipergrafów (również jako element kodowania wiedzy),
- opracowanie modelu dynamicznego SWD dla zagadnień TT oraz jego weryfikacja,
- opracowanie wzorcowych architektury hybrydowego systemu wspomagania decyzji dla zagadnień TT oraz jego weryfikacja,
- zaprojektowanie dedykowanych metod współdzielenia oraz integracji wiedzy na potrzeby procesu wspomagania decyzji w transferze technologii,
- opracowanie metodologii planowania strategicznego i operacyjnego w transferze technologii dla technologii informatycznych z wykorzystaniem metod opartych o roadmapping technologiczny

1.8 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

zapotrzebowanie na zasoby informacji dobrych jakościowo w tego typu systemach. Wprowadzenie 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*). Metodę MPC stosuje się do optymalnego sterowania systemami dynamicznymi. 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.

1.9 Literatura:

1. Skulimowski, A., et al., *Trendy i scenariusze rozwoju wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego* Problemy Nauk o Decyzji i Prognozowania ed. A. Skulimowski. 2016, Kraków: Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business.
2. Pukocz, P. and A. Skulimowski, *Tworzenie rankingów projektów innowacyjnych w oparciu o metody analizy wielokryterialnej*, in *Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów projektów inwestycyjnych*, A. Skulimowski, Editor. 2014, Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business: Kraków. p. 216–218.
3. Pukocz, P. and A. Skulimowski, *Zastosowanie analizy wielokryterialnej do wyboru i szeregowania projektów technologicznych* in *Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów projektów finansowanych ze środków publicznych*, S. Andrzej, Editor. 2011, Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business: Kraków. p. 187–223.
4. Skulimowski, A. and P. Pukocz, *Roadmapping Technologiczny jako schemat organizacyjny dla pronozowania scenariuszowego i planowania inwestycji proinnowacyjnych*, in *Raport Techniczny*. 2008, AGH: Kraków. p. 1-14.
5. Czerni, M., P. Pukocz, and A. Skulimowski, *Trendy rozwojowe systemów wspomagania decyzji – analiza bibliometryczna*, in *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego* A. Skulimowski, Editor. 2013, Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business: Kraków. p. 103–139.
6. Skulimowski, A. and P. Pukocz, *Roadmapping technologiczny jako podstawa wdrożenia rezultatów foresightu w praktyce*, in *Scenariusze i trendy rozwojowe*

- wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego* A. Skulimowski, Editor. 2013, Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business: Kraków. p. 542–559.
7. Skulimowski, A. and P. Pukocz. *Enhancing Creativity of Strategic Decision Processes by Technological Roadmapping and Foresight*. in *Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS)*, 2012 Seventh International Conference on. 2012. Melbourne, Australia: IEEE.
 8. Pukocz, P., *Innowacje, transfer technologii i polityka proinnowacyjna w Polsce*, in *Transfer Technologii w Informatyce i Automatyce*, A. Skulimowski, Editor. 2006, Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business: Kraków, Polska.
 9. Skulimowski, A. and P. Pukocz, *Systemy wspomagania decyzji strategicznych oparte na roadmappingu technologicznym*. PAR Pomiary Automatyka Robotyka, 2011. **15**(12): p. 165–172.
 10. Skulimowski, A. and P. Pukocz, *Computer assisted affordable technological roadmapping*. 1st UNITE doctoral symposium : 27th–28th June Politehnica of Bucharest, 2011. **1**(1): p. 93–100.
 11. Skulimowski, A. and P. Pukocz, *On-line Technological Roadmapping as a Tool to Implement Foresight Results in IT Enterprises*, in *Internet – technical developments and applications 2, Advances in Intelligent and Soft Computing*, A. Kapczyński, E. Tkacz, and M. Rostański, Editors. 2012, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.: Berlin, Niemcy. p. 95–111.
 12. Skulimowski, A. and P. Pukocz, *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, 2012. **2**(1): p. 95–111.