



**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie**

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

## **AUTOREFERAT ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

### **METODY MODELOWANIA I INTEGRACJI PROCESÓW Z REGUŁAMI BIZNESOWYMI**

AUTOR:

Krzysztof Kluza

PROMOTOR:

dr hab. inż. Grzegorz J. Nalepa

Kraków 2015

## 1 Wprowadzenie

Zarządzanie procesami biznesowymi (Business Process Management) [2, 22] to całościowe podejście do zarządzania mające na celu poprawę przepływu pracy w organizacjach, w szczególności w celu optymalizacji pod różnym kątem procesów biznesowych przedsiębiorstwa, zwiększenia jego efektywności i skuteczności poprzez ciągłe doskonalenie procesu oraz dostosowania procesów do potrzeb klienta.

Celem procesu biznesowego, rozumianego jako zbiór powiązanych ze sobą zadań, jest wyprodukowanie określonego produktu lub dostarczenie określonej usługi [14]. Modele procesów często są uznawane jako narzędzie komunikacji pomiędzy analitykami biznesowymi, opisującymi działanie firmy, a pracownikami, w szczególności zarządem firmy. Jednoznaczna graficzna reprezentacja pozwala uniknąć długich opisów. Projektowanie procesu biznesowego organizacji często ma pomóc w odzwierciedleniu sposobu jej działania, przez co zredukować ryzyko stworzenia dla niej systemu do zarządzania procesami, który mógłby nie spełniać stawianych przed nim wymagań. Procesy stosuje się zarówno w fazie wstępnej, związanej ze zbieraniem wymagań na system, jak i w kolejnych fazach, jako specyfikację konfiguracji procesów. W drugim przypadku umożliwia to modelowanie procedur dotyczących np. obiegu dokumentów, czy procesów wykorzystujących te dokumenty.

Najpopularniejszą notacją do modelowania procesów biznesowych jest notacja BPMN (Business Process Modeling Notation) [20]. Pomimo stosunkowo krótkiej historii, zyskuje ona coraz większą popularność, co przejawia się m.in. w liczbie narzędzi ją implementujących. Według grupy OMG istnieje obecnie ponad 70 implementacji różnego rodzaju narzędzi wspierających notację<sup>1</sup>, z czego część zapewnia dodatkowe możliwości tj. przeprowadzenia symulacji, analizy, czy optymalizacji procesu. Dlatego też coraz więcej firm dostrzega potencjał modelowania procesów biznesowych do projektowania i implementacji systemów informatycznych, które wspierają działania organizacji.

Choć istnieje wiele narzędzi implementujących obsługę notacji BPMN i powstają książki, które uczą jak stosować ją do spójnego modelowania (np. *BPMN Method and Style*), należy pamiętać, że BPMN definiuje jedynie notację do modelowania procesów biznesowych. Zatem brak jest spójnej metodologii projektowania całego systemu, w szczególności przejścia z modelu na wykonywalny kod.

Poprawnie zaprojektowany model procesu najczęściej nie wymaga gruntownych zmian i ulepszeń, jednak istotne jest zapewnienie efektywnych metod modelowania. Wg [3] pozyskanie modeli procesów potrafi zająć nawet do 60% czasu poświęconego na zarządzanie procesami biznesowymi. Ponieważ większość procesów jest modelowana manualnie przez analityków biznesowych, czas ten może być znacznie skrócony, jeśli modele byłyby generowane automatycznie lub półautomatycznie.

---

<sup>1</sup> Zobacz: <http://www.bpmn.org/#tabs-implementers>.

---

Innym istotnym elementem zarządzania procesami jest ich uruchamianie, czyli wspomaganie wykonania procesu biznesowego przy użyciu odpowiednich systemów IT. Częścią takiego podejścia jest automatyzacja wybranych zadań przez system zarządzania procesami lub inne systemy zapewniające zdalny dostęp do usług. W praktyce, aby proces mógł zostać uruchomiony w systemie zarządzania procesami, jego model musi zostać odpowiednio doprecyzowany, skonfigurowany pod kątem systemu, a także dodatkowo muszą zostać określone usługi implementujące wybrane zadania.

Choć procesy biznesowe stanowią uniwersalną metodę opisu działań organizacji, wraz z ich popularyzacją pojawiły się również wyzwania dotyczące modelowania niskopoziomowej logiki systemu modelowanego przy pomocy procesów. Jedną z odpowiedzi na te potrzeby jest użycie technologii regułowych, które zyskały szersze uznanie świata biznesu jako reguły biznesowe [1, 13]. Regułowe systemy ekspertowe znajdują wiele różnorodnych zastosowań praktycznych, a klasyczne obszary ich zastosowań obejmują m.in. sterowanie, diagnostykę i wspomaganie decyzji. Reguły biznesowe w systemach BPM definiują lub ograniczają pewne aspekty działań biznesowych, znajdując zastosowanie we wspomaganiu zarządzaniem wiedzą i biznesowych procesach decyzyjnych.

Reguły mogą być wyrażone na różnym poziomie formalizacji, począwszy od języka nieformalnego, poprzez bardziej rygorystyczny (np. w zastosowaniach technicznych), kończąc na zdaniach logicznych. Projektowanie złożonych i zaawansowanych systemów regułowych nastęrcza jednak dużych trudności. W ich pokonaniu pomóc mogą metody wizualnej reprezentacji reguł, a także nowe metody modularyzacji i hierarchizacji bazy wiedzy. W szczególności procesy biznesowe mogą stanowić narzędzie umożliwiające zmodularyzowanie zbioru reguł.

Choć występuje różnica pomiędzy poziomami abstrakcji procesów oraz reguł, reguły mogą być do pewnego stopnia komplementarne w stosunku do procesów. Mogą one bowiem stanowić deklaratywną specyfikację wiedzy, zaś proces może określać proceduralną specyfikację przepływu pracy, w szczególności opisywać sterowanie wnioskowaniem w bazie wiedzy [12].

Użycie modeli procesów wraz z regułami pomaga uprościć modelowanie złożonych procesów decyzyjnych. Choć reguły, aby mogły zostać uruchomione, powinny być sformalizowane, nie ma uniwersalnego ani powszechnie przyjętego podejścia, w jaki sposób procesy i reguły powinny być integrowane ze sobą [4].

## 2 Problematyka badawcza i cel pracy

Problemem naukowym rozważanym w rozprawie „Metody modelowania i integracji procesów z regułami biznesowymi” jest efektywna metoda integracji procesów biznesowych z regułami biznesowymi, która wspiera projektowanie zintegrowanych modeli, jednocześnie będąc w stanie sprostać wyzwaniom, takim jak a) *niedopasowanie reprezentacji modelu* (w szczególności niedopasowanie występujące pomiędzy abstrakcyjnymi modelami analitycznymi, a modelami wykonywalnymi), b) *zapewnienie łatwości modyfikacji modelu przy zmianie specyfikacji*, a także c) *wspieranie uruchamiania* tego typu modeli zintegrowanych.

W rozprawie zaproponowana została metoda integracji procesów i reguł, która pozwala na modelowanie i uruchamianie zintegrowanych modeli. Metoda wykorzystuje notację BPMN do wizualnego modelowania procesów biznesowych oraz notację XTT2 (eXtended Tabular Trees version 2) [19] – sformalizowaną reprezentację regułową opracowaną jako element Semantycznej Inżynierii Wiedzy (Semantic Knowledge Engineering) [15].

Ponadto zaprezentowana metoda wykorzystuje automatyczne generowanie zintegrowanych modeli bazując na diagramach zależności pomiędzy atrybutami (ARD, Attribute Relationship Diagrams) [18], które stanowią element Semantycznej Inżynierii Wiedzy. W pracy zaprezentowano algorytm generowania modeli procesów biznesowych z diagramów ARD. Używając proponowanego algorytmu możliwe jest wygenerowanie uruchamialnego modelu procesu wraz ze schematami tablic decyzyjnych dla reguł. Zintegrowany model może być zatem traktowany jako ustrukturyzowana baza reguł z jawnie określonym sterowaniem wnioskowaniem. Takie podejście jest zgodne z paradygmatem inżynierii sterowanej modelami (MDE, Model-Driven Engineering) [21].

Głównym celem prac przedstawionych w rozprawie było zaproponowanie efektywnej metody integracji procesów i reguł biznesowych, która pozwala na modelowanie oraz uruchamianie zintegrowanych modeli oraz radzi sobie z wyzwaniami, takimi jak różnice w reprezentacji, nadążanie za zmianami specyfikacji oraz wsparcie dla uruchamiania modeli.

Cel ten został osiągnięty poprzez sformalizowanie ogólnego modelu logiki biznesowej, który łączy procesy z regułami biznesowymi, użycie tego modelu do formalnego opisu integracji modeli procesów w notacji BPMN z regułami XTT2 używanymi w metodzie Semantycznej Inżynierii Wiedzy oraz zaproponowanie algorytmu automatycznego generowania zintegrowanych modeli na podstawie diagramów ARD.

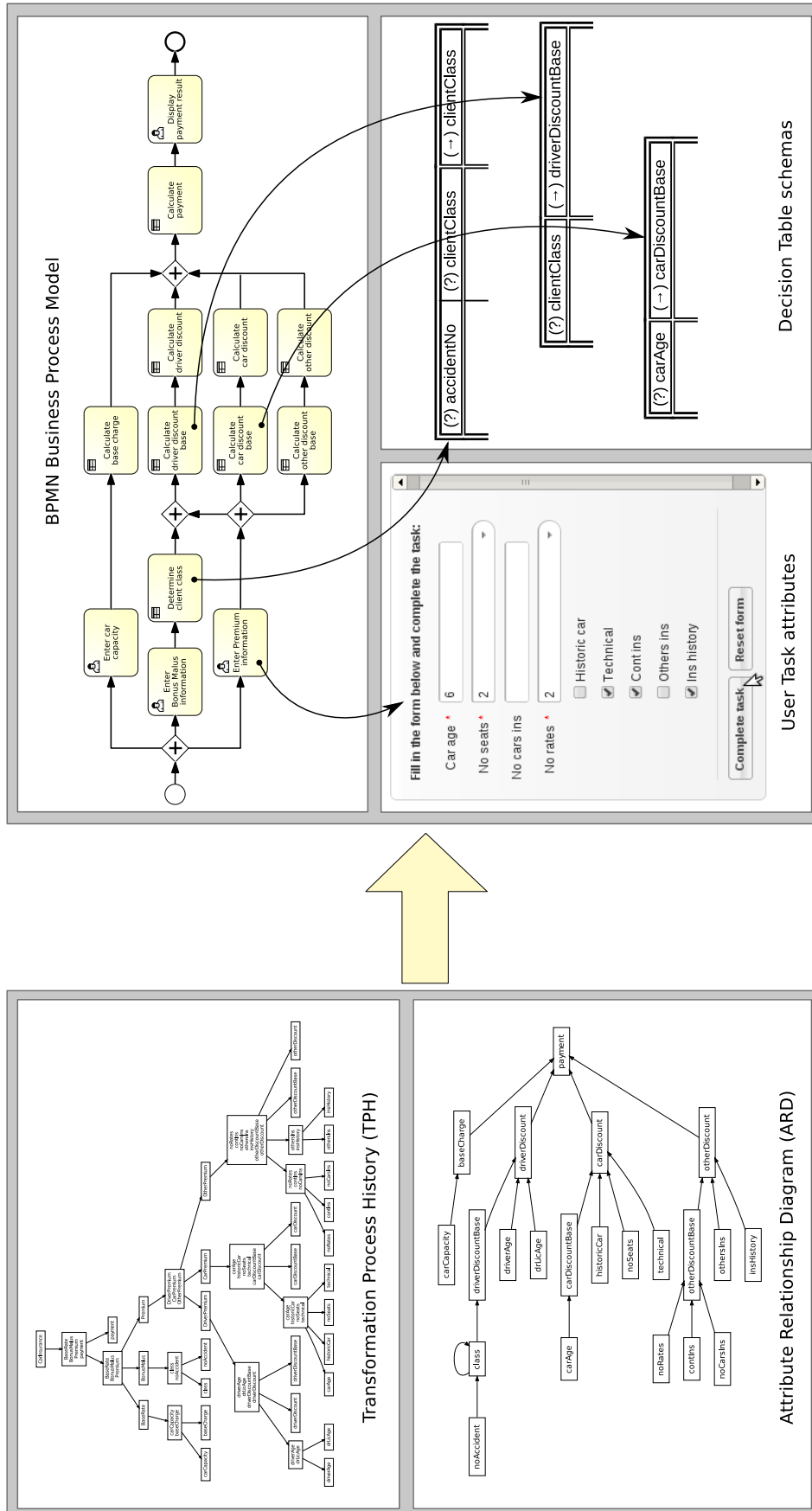
### 3 Rezultaty

W celu rozwiązania postawionego problemu w rozprawie wprowadzono oraz sformalizowano ogólny model logiki biznesowej, który łączy procesy z regułami biznesowymi. Ten ogólny model został użyty do formalnego opisu integracji modeli procesów w notacji BPMN z regułami XTT2 używanymi w metodzie Semantycznej Inżynierii Wiedzy. Ponadto rozszerzono formalizację diagramów ARD (zależności pomiędzy atrybutami) oraz metody ich tworzenia, co było potrzebne do formalnego opisanego algorytmu automatycznego generowania zintegrowanych modeli na podstawie specyfikacji systemu w postaci takich diagramów. Algorytm ten tworzy wykonywalny model procesu zintegrowany ze schematami odpowiednich tablic decyzyjnych dla reguł. Model ten może być traktowany jako ustrukturalizowana baza wiedzy, określająca przepływ wnioskowania przy użyciu przepływu sterowania w procesie. Ponadto zaproponowane zostało środowisko do modelowania i uruchamiania modeli zintegrowanych.

W celu ewaluacji przedstawionych rezultatów, opracowane zostały przykłady, dla których wg opisanego algorytmu wygenerowane zostały modele zintegrowane. Zostały one opisane przy użyciu zaproponowanej formalizacji, przeanalizowano dla nich odpowiednie metryki złożoności, a następnie w ramach walidacji zostały one wdrożone w środowisku uruchomieniowym oraz przetestowane. W rezultacie wykazano, że zaproponowane podejście stanowi efektywną metodę integracji procesów z regułami biznesowymi.

Oryginalnymi rezultatami rozprawy są:

1. *Sformalizowany ogólny model logiki biznesowej* – formalny opis modelu procesu biznesowego oraz jego integracji z regułami.
  2. *Model logiki biznesowej korzystający z Semantycznej Inżynierii Wiedzy* – ogólny model logiki biznesowej zastosowany do podejścia bazującego na Semantycznej Inżynierii Wiedzy. Model ten opisuje model procesu biznesowego w notacji BPMN zintegrowany z regułami reprezentowanymi przy użyciu notacji XTT2.
  3. *Rozszerzona formalizacja diagramów zależności między atrybutami ARD* – dla potrzeb formalnego opisu algorytmu translacji rozszerzono formalizację ARD.
  4. *Opis translacji diagramów ARD do modelu logiki biznesowej korzystającego z SKE* – algorytm pozwalający na automatyczne generowanie modeli procesów biznesowych z diagramów ARD. Wygenerowane modele zawierają schematy odpowiednich tablic decyzyjnych dla zadań regułowych oraz specyfikację formularzy dla zadań użytkownika. Zarys podejścia przedstawiono na Rysunku 1.
  5. *Środowisko do modelowania oraz uruchamiania zintegrowanych modeli* – modele wygenerowane przy użyciu zaproponowanego algorytmu mogą być rozszerzone, uruchamiane i testowane w zaprezentowanym środowisku uruchomieniowym.
-



Rysunek 1: Zarys podejścia

W celu wykazania słuszności proponowanego podejścia, w ostatniej części pracy przeprowadzona została ewaluacja. Głównym celem ewaluacji było zademonstrowanie, że przedstawiona w rozprawie metoda zapewnia wystarczający formalny model do opisu modelu procesu zintegrowanego z regułami, a także pokazanie, że zaproponowany algorytm pozwala wygenerować poprawny zintegrowany model. Ponadto taki zintegrowany model uzupełniony o reguły jest uruchamialny w środowisku przedstawionym w rozprawie.

Aby zaprezentować efektywność proponowanej metody, przedsięwzięto następujące kroki:

1. Wybrane zostały nietrywialne przykłady studyjne, które opisują proces biznesowy oraz zapewniają wystarczające dane do sformułowania reguł.
2. Dla wybranych przykładów zdefiniowano modele ARD.
3. Dokonano translacji opracowanych modeli ARD do modeli procesów ze schematami tablic decyzyjnych oraz formularzami do wprowadzania danych.
4. Przygotowano zintegrowany model procesu uzupełniony regułami do wdrożenia i przetestowania go przy pomocy testów jednostkowych.
5. Dla opracowanych modeli obliczono wybrane metryki złożoności.

Przeprowadzona ewaluacja potwierdziła, że zaproponowane podejście zapewnia wystarczający model formalny do opisu modelu logiki w postaci procesu biznesowego zintegrowanego z regułami. Ponadto pokazała, że zaproponowany algorytm pozwala wygenerować taki zintegrowany model. Po uzupełnieniu regułami, model taki może zostać wdrożony w zaproponowanym prototypowym środowisku uruchomieniowym.

Podsumowując wyniki ewaluacji stwierdzono, że:

- Model logiki biznesowej korzystający z Semantycznej Inżynierii Wiedzy pozwala na formalny opis modelu BPMN zintegrowanego z regułami bazującymi na Semantycznej Inżynierii Wiedzy.
- Na podstawie opisu systemu w postaci reprezentacji ARD możliwe jest wygenerowanie modelu BPMN zintegrowanego z regułami, a zaproponowany algorytm generuje poprawne modele procesu z formularzami dla zadań użytkownika oraz schematami tablic decyzyjnych dla zadań regułowych.
- Zintegrowany model uzupełniony regułami może zostać uruchomiony i przetestowany przy użyciu testów jednostkowych.
- Na bazie opracowanych przykładów, rezultaty zostały zwalidowane w oparciu o testy jednostkowe.
- Na podstawie przykładów różnej wielkości zauważono, że im większy jest model ARD, tym bardziej złożony jest zintegrowany model.
- Metryki złożoności mogą pomóc w zarządzaniu złożonością modeli i stanowią użyteczne narzędzie pomocnicze sugerujące, które modele powinny zostać zdekomponowane (w szczególności część powiązanych ze sobą zadań może utworzyć podproces).
- Zaproponowane podejście wykorzystuje generowanie i przetwarzanie modeli upraszczając proces projektowania, zatem wpisuje się w paradygmat inżynierii sterowanej modelami MDE.

Biorąc pod uwagę rezultaty ewaluacji można stwierdzić, że zaproponowane podejście zapewnia efektywną metodę integracji procesów biznesowych z regułami biznesowymi, która wspiera projektowanie zintegrowanych modeli, a zatem radzi sobie z niedopasowaniem reprezentacji modeli. Zaproponowany algorytm automatycznej generacji modelu zapewnia łatwość modyfikacji modelu przy zmianach specyfikacji, a otrzymane modele mogą zostać uruchomione i przetestowane w prototypowym środowisku. Można zatem stwierdzić, że *założony cel rozprawy został z powodzeniem osiągnięty*.

Ewaluacja pozwoliła również dostrzec kolejne wyzwania, w szczególności:

- W przypadku złożonych modeli reprezentacja ARD może nie być wystarczająca, aby wyrazić złożone zależności pomiędzy atrybutami. Zatem użyteczność zaproponowanej metody jest ograniczona.
- Z powodu prostoty struktury ARD zaproponowany algorytm generuje jedynie proste modele BPMN oraz proponuje gotowe schematy tablic decyzyjnych. W złożonych przypadkach zaproponowane tablice decyzyjne powinny zostać zdekomponowane, a model procesu zhierarchizowany.
- Aby w pełni zautomatyzować generowanie uruchamialnych procesów, nie tylko schematy tablic decyzyjnych, ale również reguły powinny być generowane, np. na podstawie opisu tekstowego.

Wyzwania te otwierają furtkę do dalszych badań rozszerzających proponowane podejście, dlatego rozważane są jako przyszłe prace. W szczególności brane pod uwagę są następujące wątki badawcze:

- pozyskiwanie wiedzy – rozwinięcie metod do automatycznej konstrukcji diagramów ARD z dokumentacji biznesowej lub logów systemowych, co pozwoliłoby na pełną automatyzację tworzenia modelu bez konieczności ręcznego przygotowania diagramu ARD,
- wsparcie dla hierarchizacji modelu – ponieważ złożone modele są trudne w odbiorze, ich modularyzacja, a w szczególności hierarchizacja, pozwala na ograniczenie ich złożoności. Wstępne propozycje rozszerzenia metody proponowanej w niniejszej rozprawie w kierunku hierarchizacji modelu zostały przedstawione w pracy [10].

Przyszłe prace głównie koncentrują się na rozszerzaniu zaproponowanego podejścia, w szczególności w kierunku jego pełnej automatyzacji. To pozwoliłoby na jego ewaluację w warunkach przemysłowych z partnerami biznesowymi oraz porównanie wygenerowanych modeli z istniejącymi modelami posiadanymi przez organizacje. Ponieważ temat reguł wciąż stanowi wyzwanie wśród badaczy z obszaru zarządzania procesami biznesowymi<sup>2</sup>, potencjalne przyszłe prace nie ograniczają się jedynie do omówionych zagadnień, ale mogą być również kontynuowane w kierunku odkrywania reguł pod kątem procesów biznesowych.

---

<sup>2</sup> Każdego roku kwestie integracji procesów i reguł są powracającym wątkiem dyskusyjnym podczas warsztatów, takich jak:

- *International Workshop on Decision Mining & Modeling for Business Processes (DeMiMoP)*: <https://feb.kuleuven.be/drc/LIRIS/research/demimop14/home>,
  - *Knowledge Engineering and Software Engineering (KESE)*: <http://ai.ia.agh.edu.pl/wiki/kese:start>,
  - *International Web Rule Symposium (RuleML)*: <http://ruleml.org>.
-



## 4 Najważniejsze publikacje i projekty autora

Rozprawa doktorska bazuje na dotychczasowym doświadczeniu i pracach badawczych autora w dziedzinie zarządzania procesami biznesowymi (w szczególności współautorstwo 40 publikacji naukowych<sup>3</sup>).

Część zaprezentowanych w rozprawie wyników została opublikowana w następujących pracach autora:

- Wstępne pomysły na modelowanie procesów i reguł zostały przedstawione w [12, 16].
- Elementy środowiska do modelowania i uruchamiania zintegrowanego modelu zostały zaprezentowane w artykułach [5, 6, 17].
- Wstępne pomysły oraz wersje algorytmu do generowania modeli BPMN na bazie ARD były prezentowane i omawiane w pracach [8, 9, 10].
- Przegląd metryk dla procesów biznesowych został przedstawiony w pracach [7, 11].

Prace badawcze wykonane i zaprezentowane w rozprawie były realizowane w ramach projektu “Metodyka projektowania hierarchicznych procesów biznesowych zintegrowanych z regułami biznesowymi”<sup>4</sup>.

Autor rozprawy był również zaangażowany w szereg innych projektów, które pozwoliły mu zapoznać się z badaniami związanymi z procesami i regułami biznesowymi, a także zdobyć doświadczenie w tym obszarze. Były to następujące projekty:

- 2008-2009 – HEKATE (MNiSW N516 024 32/2878): *Hybrid Knowledge Engineering*<sup>5</sup>.
- 2009-2011 – REBIT (POIG 1.3.1): *Business and Technological Rules Management*<sup>6</sup>.
- 2010-2012 – BIMLOQ (MNiSW N516 422338): *Business Models Optimization for Quality*<sup>7</sup>.
- 2012-2015 – PROSECCO (PBS1/B3/14/2012): *Processes Semantics Collaboration for Companies*<sup>8</sup>.
- Granty uczelniane dla młodych naukowców w latach 2011-2014:
  - 2011 – *Metody projektowania reguł i procesów biznesowych*.
  - 2012 – *Metody oceny jakości procesów biznesowych zintegrowanych z regułami*.
  - 2013 – *Kolaboratywne modelowanie systemów z uwzględnieniem oceny jakości*.
  - 2014 – *Refaktoryzacja modeli procesów biznesowych bazująca na regułach*.

---

<sup>3</sup> Stan widoczności publikacji 18 lutego 2015 jest następujący: 37 publikacji autora jest zaindeksowanych w Google Scholar (<https://scholar.google.pl/citations?user=5ieugtUAAAAJ>), w tym 10 widocznych w bazie Web of Science (<http://www.researcherid.com/rid/D-7659-2011>).

<sup>4</sup> Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/N/ST6/00909. Więcej informacji o projekcie można znaleźć na stronie: <http://geist.agh.edu.pl/pub:projects:hibuproburul:start>.

<sup>5</sup> Zobacz: <http://hekate.ia.agh.edu.pl>.

<sup>6</sup> Zobacz: <http://www.rebit.zarz.agh.edu.pl>.

<sup>7</sup> Zobacz: <http://bimloq.ia.agh.edu.pl>.

<sup>8</sup> Zobacz: <http://prosecco.agh.edu.pl>.

---

## Literatura

- [1] A. Charfi and M. Mezini. Hybrid web service composition: Business processes meet business rules. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Service-Oriented Computing, ICSOC '04*, pages 30–38, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [2] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, and H. A. Reijers. *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [3] F. Friedrich, J. Mendling, and F. Puhmann. Process model generation from natural language text. In H. Mouratidis and C. Rolland, eds, *Advanced Information Systems Engineering*, volume 6741 of *LNCS*, pages 482–496. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [4] J. Hohwiller, D. Schlegel, G. Grieser, and Y. Hoekstra. Integration of bpm and brm. In R. Dijkman, J. Hofstetter, and J. Koehler, eds, *Business Process Model and Notation*, volume 95 of *LNBIP*, pages 136–141. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [5] **K. Kluza**, K. Kaczor, and G. J. Nalepa. Enriching business processes with rules using the Oryx BPMN editor. In L. Rutkowski and [et al.], eds, *ICAISC 2012: Zakopane, Poland, April 29–May 3, 2012*, volume 7268 of *LNAI*, pages 573–581. Springer, 2012.
- [6] **K. Kluza**, K. Kaczor, and G. J. Nalepa. Integration of business processes with visual decision modeling. presentation of the hades toolchain. In F. Fournier and J. Mendling, eds, *BPM Workshops and Doctoral Consortium 2014*, Lecture Notes in Business Information Processing. Springer International Publishing, 2015.
- [7] **K. Kluza** and G. J. Nalepa. Proposal of square metrics for measuring business process model complexity. In M. Ganzha, L. A. Maciaszek, and M. Paprzycki, eds, *Proceedings of FedCSIS 2012, Wroclaw, Poland, 9-12 September 2012*, pages 919–922, 2012.
- [8] **K. Kluza** and G. J. Nalepa. Towards rule-oriented business process model generation. In M. Ganzha, L. A. Maciaszek, and M. Paprzycki, eds, *Proceedings of FedCSIS 2013, Krakow, Poland, 8-11 September 2013*, pages 959–966. IEEE, 2013.
- [9] **K. Kluza** and G. J. Nalepa. Automatic generation of business process models based on attribute relationship diagrams. In N. Lohmann, M. Song, and P. Wohed, eds, *Business Process Management Workshops*, volume 171 of *LNBIP*, pages 185–197. Springer International Publishing, 2014.
- [10] **K. Kluza** and G. J. Nalepa. Generation of hierarchical business process models from attribute relationship diagrams. In *Advances in ICT for Business, Industry and Public Sector*, pages 57–76. Springer, 2015.
- [11] **K. Kluza**, G. J. Nalepa, and J. Lisiecki. Square complexity metrics for business process models. In M. Mach-Król and T. Pelech-Pilichowski, eds, *Advances in Business ICT*, pages 89–107. 2014.
- [12] **K. Kluza**, G. J. Nalepa, and Ł. Łysik. Visual inference specification methods for modularized rulebases. Overview and integration proposal. In G. J. Nalepa and J. Baumeister, eds, *Proceedings of the 6th Workshop on Knowledge Engineering and Software Engineering (KESE6) at the KI 2010 Conference, September 21, 2010, Karlsruhe, Germany*, pages 6–17, Karlsruhe, Germany, 2010.
- [13] G. Knolmayer, R. Endl, and M. Pfahrer. Modeling processes and workflows by business rules. In *Business Process Management, Models, Techniques, and Empirical Studies*, pages 16–29, London, UK, 2000. Springer-Verlag.
- [14] A. Lindsay, D. Dawns, and K. Lunn. Business processes – attempts to find a definition. *Information and Software Technology*, 45(15):1015–1019, Dec 2003. Elsevier.
- [15] G. J. Nalepa. *Semantic Knowledge Engineering. A Rule-Based Approach*. Wydawnictwa AGH, Kraków, 2011.
- [16] G. J. Nalepa, **K. Kluza**, and S. Ernst. Modeling and analysis of business processes with business rules. In J. Beckmann, editor, *Business Process Modeling: Software Engineering, Analysis and Applications*, Business Issues, Competition and Entrepreneurship, pages 135–156. Nova Science Publishers, 2011.
- [17] G. J. Nalepa, **K. Kluza**, and K. Kaczor. Proposal of an inference engine architecture for business rules and processes. In L. Rutkowski and [et al.], eds, *ICAISC 2013: Zakopane, Poland, June 9–13, 2013*, volume 7895 of *LNAI*, pages 453–464. Springer, 2013.
- [18] G. J. Nalepa and A. Ligęza. *Software engineering: evolution and emerging technologies*, volume 130 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, chapter Conceptual modelling and automated implementation of rule-based systems, pages 330–340. IOS Press, Amsterdam, 2005.
- [19] G. J. Nalepa, A. Ligęza, and K. Kaczor. Formalization and modeling of rules using the XTT2 method. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 20(6):1107–1125, 2011.
- [20] OMG. Business Process Model and Notation (BPMN): Version 2.0 specification. Technical Report formal/2011-01-03, Object Management Group, January 2011.
- [21] D. C. Schmidt. Model-driven engineering. *IEEE Computer*, 39(2):25–31, February 2006.
- [22] M. Weske. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures 2nd Edition*. Springer, 2012.