

Inżynieria wiedzy – nowy obszar badawczy Instytutu Łączności

Janusz Granat

Andrzej P. Wierzbicki

Dokonano przeglądu rozwoju metod szeroko rozumianej inżynierii wiedzy oraz jej rozlicznych zastosowań i implikacji, włącznie z implikacjami filozoficznymi. Odniesiono je do prac prowadzonych w Instytucie Łączności, a zwłaszcza w Zakładzie Zaawansowanych Technik Informatycznych. W tak rozumianej inżynierii wiedzy i różnych dziedzinach z nią związanych Zakład ten specjalizuje się już od ponad 10 lat.

zarządzanie wiedzą, inżynieria wiedzy

Wprowadzenie

W związku z narastającą ilością informacji i danych cyfrowych, gromadzonych bądź to w internecie, bądź w bazach operatorów telekomunikacyjnych oraz innych przedsiębiorców, bądź wreszcie na uniwersytetach i w instytutach badawczych, ważnym problemem stała się kwestia wyszukiwania w takich wielkich zbiorach danych nie tylko informacji nas interesujących, ale również przydatnych nam relacji między takimi informacjami, czyli – inaczej mówiąc – *wiedzy ukrytej w wielkich zbiorach danych*.

Użyto tu celowo określenia *wiedzy ukrytej (tacit knowledge)*, choć stosuje się ono w zasadzie do wiedzy trudnej do wyrażenia słowami, przedśwownej, ukrytej w umyśle ludzkim [23], [29], [37]–[40]. Ale rzecz w tym, że wiedza przedśwowna, jeszcze nie wyrażona słowami, jest zawarta także w wielkich zbiorach danych, a trudnym zadaniem jest właśnie wydobycie jej z tych zbiorów (*data mining* czy też raczej *knowledge mining*) i wyrażenie tej wiedzy ukrytej słowami, wzorem, regułą logiczną czy inną formą modelu.

W niektórych źródłach używa się wręcz pojęcia *knowledge science*; odpowiadające temu polskie pojęcie *naukoznawstwo* ma inne tradycyjne znaczenie, o odcieniu filozoficznym, obejmującym epistemologię i inne dziedziny pokrewne. Taką dziedziną pokrewną – zarówno do naukoznawstwa, jak i do wydobywania wiedzy z dużych zbiorów danych – jest *zarządzanie wiedzą*, ale ono, choć historycznie wyrosło z informatyki (zob., np. [39]), jest traktowane dzisiaj raczej jako przedmiot nauk o zarządzaniu. Z tych wszystkich względów jest stosowne raczej użycie w stosunku do konstrukcji i wykorzystania informatycznych narzędzi wydobywania wiedzy ukrytej z dużych zbiorów danych lub – nawet szerzej – w odniesieniu również do informatycznych narzędzi przetwarzania dużych tekstów (informacji słownej) – szeroko rozumianego pojęcia *inżynierii wiedzy*. Takie też znaczenie pojęcia inżynierii wiedzy przyjęto w pracach Instytutu Łączności, a zwłaszcza Zakładu Zaawansowanych Technik Informatycznych. Jest to dziedzina stosunkowo nowa w 75-letniej historii prac Instytutu, ale rozwijana w IŁ intensywnie w ostatnich ponad dziesięciu latach.

Podstawowe działy i pojęcia inżynierii wiedzy

Jak już wspomniano, inżynierię wiedzy można podzielić na: wąsko rozumianą inżynierię sztucznej inteligencji i automatycznego uczenia się (dział I), inżynierię wydobywania wiedzy ukrytej z dużych

zbiorów danych (dział II) oraz inżynierię przetwarzania tekstu, czyli także wydobywania wiedzy, ale wyrażonej w formie słownej (dział III).

Dział I nie będzie tu omówiony szczegółowo, są mu poświęcone obszernie monografie, np. [3].

W dziale II dąży się do wyrażenia wiedzy ukrytej, zawartej w dużych zbiorach danych, w formie modeli użytecznych dla użytkownika – modeli logicznych, statystycznych i decyzyjnych – opiera się zatem na takich narzędziach badań podstawowych, jak: różnorodne dziedziny logiki, różne dziedziny statystyki, wielokryterialna teoria decyzji itp. W zastosowaniach jest istotna również interpretacja słowna tych modeli, zgodna z wymaganiami użytkownika, mającymi zazwyczaj także charakter wiedzy ukrytej, którą dopiero trzeba przekształcić w słowa. Dlatego też w badaniach z działu II – w przeciwieństwie do działu I – kładzie się bardzo duży nacisk na metody interakcji z użytkownikiem, podkreśla suwerenność użytkownika, znaczenie jego wiedzy ukrytej oraz intuicji itp.

Badania z działu III dotyczą wynajdywania czy wyboru wiedzy tekstowej, jawnej, istotnej dla użytkownika w dużych zbiorach tekstowych. Dziedzinami podstawowymi dla tego działu są: inżynieria ontologiczna (konstruowanie taksonomii, uzupełnionych o różnorodne relacje logiczne w dużych zbiorach tekstu), sieci semantyczne (*Semantic Web*) wraz z inżynierią wyszukiwarek internetowych itp. W zastosowaniach okazuje się ważna interpretacja tej wybranej wiedzy tekstowej przez użytkownika, zatem znów zgodnie z jego wiedzą ukrytą, tak jak to jest prezentowane w *kręgu hermeneutycznym* [8] czy w *hermeneutycznej spirali kreowania wiedzy* [31], [38].

Inżynieria wiedzy może być pomocna w zarządzaniu wiedzą. Oczywiście, samo pojęcie zarządzania wiedzą może być interpretowane – zwłaszcza jeśli uwzględni się duże znaczenie wiedzy ukrytej w umysłach ludzi – jako absurdalne czy wewnętrznie sprzeczne [41]. Jest jednak faktem historycznym, że pojęcie *knowledge management* zostało użyte najpierw w stosunku do narzędzi inżynierii wiedzy, które miały zapewnić ciągłość prac nad oprogramowaniem przez firmę DEC (Digital Equipment Corporation) we wczesnych latach 80. (choć podobne narzędzia, bez użycia hasła *knowledge management*, były już wcześniej stosowane przez firmę IBM). Dopiero w latach 90. to pojęcie-hasło znalazło się w naukach o zarządzaniu, co z jednej strony doprowadziło do ogromnej kariery tego niezbyt precyzyjnego pojęcia, a z drugiej – do licznych kontrowersji interpretacyjnych (obszerniejszą dyskusję tych kontrowersji przedstawiono, np. w [39]).

Prace w zakresie inżynierii wiedzy w Instytucie Łączności

Zakład Zaawansowanych Technik Informacyjnych w początkach swojej działalności prowadził prace podstawowe w zakresie wielokryterialnej teorii decyzji (zob., np. [14], [15], [36]) oraz prace dotyczące różnorodnych typów logik informacyjnych (zob., np. [24]–[26], [28]). Szybko jednak dołączono do tych prac zastosowania badań podstawowych w zakresie *data mining*, zwłaszcza na potrzeby operatorów telekomunikacyjnych (zob., np. [6], [20]).

Obecnie w Zakładzie bada się kilka podejść do technik inżynierii wiedzy (we wszystkich działach, tj. I, II i III, chociaż z przewagą działu II), polegających na wykorzystaniu:

- metod wielokryterialnej teorii decyzji (II);
- zaawansowanych narzędzi i metod logiki matematycznej (II);
- metod optymalizacji i podziału zbiorów danych do rozpoznawania wzorców, wykrywania zdarzeń oraz anomalii (I, II);
- różnorodnych zaawansowanych metod statystycznych (II);
- metod inżynierii ontologicznej (III).

Wszystkie te metody w większym lub mniejszym stopniu mogą służyć wykrywaniu wiedzy w dużych zbiorach danych. Na przykład, wielokryterialna teoria decyzji była wykorzystana do wykrywania anomalii i zdarzeń w sieciach telekomunikacyjnych, będących bardzo istotnym problemem współczesnych metod zarządzania takimi sieciami [16]. Niezmiernie ważne są prace dotyczące teorii zdarzeń oraz analizy danych powiązanej z analizą zdarzeń, nazywanej *event mining*. Istnieje wiele podejść do teorii zdarzeń, jednak odnoszą się one do zdarzeń bezpośrednio obserwowalnych lub tworzących własne systemy zdarzeń; brak natomiast teorii zdarzeń, odnoszących się do systemów złożonych, obserwowalnych tylko pośrednio, lub do struktur hierarchicznych [11], [12].

W Zakładzie wykonuje się również prace związane z wykorzystaniem metod statystycznych w eksploracji danych [19], [20] oraz wykrywaniem wzorców działania i anomalii w działaniu sieci telekomunikacyjnych (zob., np. [1], [21], [22]).

Ponadto, w Zakładzie Zaawansowanych Technik Informacyjnych prowadzi się prace o charakterze podstawowym, dotyczące logiki matematycznej, stanowiące istotny wkład w rozwój światowej informatyki. Dotychczas wykonane prace dotyczyły, m.in.: teorii dualności w logice, np. dualności dyskretnej dla algebr i systemów relacyjnych, dualności dyskretnej dla teorii przestrzeni, twierdzenia o reprezentacji dla algebr logik rozmytych oraz metody konstruowania systemów typu *dual tableau* [9], [10]. Prace na temat niekonwencjonalnych logik i ich zastosowań obejmowały, m.in.: problemy dyskretnej dualności w logice [7], logiki podobieństwa [9], relacyjną reprezentowalność algebr w logikach substrukturalnych [26], algebry kontekstu i ich dyskretną dualność [27] oraz ich zastosowania.

Metody optymalizacji i podziału zbioru danych w celu ich klasyfikacji są klasycznym narzędziem automatycznego uczenia się, na ogół bardziej skutecznym niż uczenie się perceptronowe czy w sieci neuronowej. Stosuje się przy tym niekiedy podziały nieliniowe, ale nawet w tym przypadku dokonuje się odpowiedniego przekształcenia nieliniowego przestrzeni danych, aby szukać już dalej podziału liniowego – hiperpłaszczyzną lub kilkoma hiperpłaszczyznami – w zmodyfikowanej przestrzeni danych. Problem się komplikuje, gdy dochodzi do analizy bardzo dużej liczby danych, niekiedy przekraczającej możliwości pamięci operacyjnej komputera i wymagającej obróbki strumieniowej; dla takiego właśnie przypadku, w Zakładzie rozwinięto specjalne algorytmy optymalizacyjne, o dużej skuteczności [2]. Metody te mogą być wykorzystane także do wykrywania zdarzeń i anomalii, np. w sieciach telekomunikacyjnych.

Zaawansowane metody analizy statystycznej mogą być stosowane w najrozmaitszych badaniach. W Zakładzie Zaawansowanych Technik Informacyjnych zainteresowania nimi dotyczyły kilku zagadnień: wspomnianego już wykrywania anomalii i zdarzeń w sieciach telekomunikacyjnych oraz ogólnych zastosowań do wykrywania wiedzy w danych, zwłaszcza w danych o rozwoju społeczeństwa informacyjnego w różnych regionach Polski. Te ostatnie odnosiły się m.in. do określenia zróżnicowania wewnątrzregionalnego (między poszczególnymi powiatami), zaawansowania rozwoju społeczeństwa informacyjnego na Mazowszu, czy stopnia przyczynowości relacji między różnymi wskaźnikami społeczno-ekonomicznymi, jak np. dostępnością internetu i dochodami na 1 mieszkańca. W kwestii zróżnicowania posłużono się estymacją krzywych logistycznych rozwoju określonych wskaźników (np. liczby laboratoriów komputerowych w szkołach w powiecie) i wynikającymi z tych krzywych czasami opóźnienia (lub wyprzedzenia) zaawansowania powiatu względem krzywej średniej dla Mazowsza. Okazało się, że wskaźniki zróżnicowania mogą sięgać kilkunastu lat odstępu między powiatem najbardziej i najmniej zaawansowanym. Do określenia stopnia przyczynowości wykorzystano analizę korelacji wzajemnej, dobrze znaną w analizie sygnałów telekomunikacyjnych, ale nie stosowaną do analizy wskaźników społeczno-ekonomicznych. Stwierdzono, że najsilniejsza korelacja występuje między dostępem do internetu w roku ubiegłym i wzrostem dochodów na 1 mieszkańca

w roku bieżącym: zatem najpierw kupujemy dostęp do internetu, potem wzrastają nam dochody, a nie odwrotnie [17].

Ponadto, w Zakładzie badano narzędzia i metody inżynierii ontologicznej. Wypróbowano i porównano – na przykładach analizy tekstów anglojęzycznego oraz polskojęzycznego czasopisma Instytutu, a także polskojęzycznych sprawozdań z prac badawczych – kilka narzędzi ontologicznych, w tym OntoGen^①, bezpłatny program, służący do budowy ontologii dziedziny na podstawie związanego z nią korpusu dokumentów. Ontologia powstaje w wyniku realizacji interaktywnego procesu wydobywania pojęć i relacji z wykorzystaniem metod eksploracji danych, występujących w postaci tekstowej (*text mining*). W celu analizy dokumentów polskojęzycznych zostało utworzone środowisko programowe o roboczej nazwie OntoGen PL. Najbardziej istotnym problemem jest interakcja ze strony użytkownika systemu, wspieranie tego użytkownika w wyborze pojęć podstawowych, decydujących o konstrukcji górnych warstw ontologii. Współpraca i uwzględnienie podobnych prac prowadzonych w JAIST (Japan Advanced Institute of Science and Technology) w Nomi koło Kanazawy w Japonii [31] wskazuje na celowość użycia *refleksji hermeneutycznej* w tym wyborze. Prace w Instytucie Łączności uzupełniają ten wniosek o celowość wykorzystania metody refleksji organizacyjnej, zaczynającej się od refleksji nad strukturą organizacyjną, ujmującej też przyjętą wizję i strategię instytucji, w razie potrzeby pogłębianą refleksją hermeneutyczną [5], [32].

Współpraca międzynarodowa w zakresie inżynierii wiedzy – wnioski epistemologiczne

Inżynieria wiedzy jest przedmiotem bardzo intensywnej współpracy międzynarodowej Instytutu Łączności. Międzynarodowa konferencja *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*, organizowana od 2000 r., gromadzi przedstawicieli wielu krajów, zwłaszcza Japonii, Austrii, Portugalii i Niemiec. Instytut Łączności ma też umowy o współpracy badawczej w tym zakresie z IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) w Laxenburgu koło Wiednia (w Austrii), z JAIST (Japan Advanced Institute of Science nad Technology) w Nomi koło Kanazawy (w Japonii), INECS-Coimbra (Instituto de Estudos Sócios-Econômicos) w Coimbra (w Portugalii) oraz z innymi instytucjami badawczymi. Prace z dziedziny dualności w logice są prowadzone we współpracy z pracownikami Wydziału Matematyki na Uniwersytecie Stellenbosch (RPA), Wydziałów Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej oraz Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego. Implementacje procedur decyzyjnych są tworzone przy ścisłej współpracy z Instytutem Matematyki Stosowanej Uniwersytetu w Maladze. Zagadnienia dotyczące modelowania strumieni danych są prowadzone we współpracy z naukowcami z Belgii (Univeristy of Antwerp), Holandii (Technical University of Eindhoven) i Niemiec (Max Planck Institute fur Informatik, Saarbrucken). Zostanie to zilustrowane przykładowymi rezultatami współpracy badawczej z JAIST.

Wymiana pracowników badawczych doprowadziła do powstania dwóch obszernych monografii [37], [38], dotyczących ogólnie zagadnień opisu procesów kreowania wiedzy i wspomagania kreatywności. W pracach tych uczestniczyli także inni pracownicy Zakładu (zob. [18], [33]). W wyniku tej współpracy powstała *ewolucyjna racjonalna teoria intuicji* (zob., np. [35]), oparta na wiedzy w dziedzinie telekomunikacji i technik informatycznych, ale tłumacząca racjonalnie i ewolucyjnie zarówno potęgę poznawczą intuicji, jak i jej zawodność (klasyczna filozofia albo podkreślała nie-

^① „OntoGen”, <http://ontogen.ijs.si/>

zawodność intuicji, albo usiłowała – w związku z jej udowodnioną zawodnością – nadać intuicji znaczenie aracionalne czy transcendentalne).

Dalsze wyniki tej współpracy dotyczyły także zagadnień epistemologicznych, a mianowicie podstaw nowego *episteme* dla epoki cywilizacji wiedzy, tworzonej w wyniku rewolucji informacyjnej. Do podstaw tych należą dwie zasady [34], [40]: zasada multimedialna oraz zasada wyłaniania się (*emergencji*).

Zasada multimedialna przyjmuje, że słowa są tylko uproszczonym kodem, służącym do opisu znacznie bardziej złożonej rzeczywistości, informacja wizualna i ogólnie przedstówna jest znacznie potężniejsza. Wiąże się to z intuicyjnym rozumowaniem i wiedzą; przyszły zapis intelektualnego dziedzictwa ludzkości będzie miał charakter multimedialny, stymulujący kreatywność.

Zasada wyłaniania się (*emergencji*) wskazuje, że nowe własności systemów wyłaniają się wraz ze zwiększeniem stopnia złożoności i własności te są jakościowo różne oraz nieredukowalne do własności części tych systemów.

Obie te zasady mogą się wydawać zdroworozsądkowymi, intuicyjnymi sformułowaniami; ważny jest fakt, że obie są uzasadnione racjonalnie i oparte na danych naukowych. Co więcej, „idą” one dalej i są w pewnym sensie przeciwstawne do modnych trendów poststrukturalizmu oraz postmodernistycznej filozofii czy socjologii wiedzy.

Zgodnie z zasadą multimedialną, trudno zgodzić się na to, że *świat jest konstruowany przez nas w społecznym dyskursie*, jak to chce nas przekonać poststrukturalistyczna i postmodernistyczna filozofia. Należy raczej brać pod uwagę fakt, że *obserwujemy świat wszystkimi naszymi zmysłami, włącznie ze wzrokiem, i usiłujemy znaleźć słowa adekwatne do opisu naszych przedstównych spostrzeżeń, aby wyrazić je w języku. Język jest skrótem w ewolucji cywilizacyjnej ludzkości, nasz oryginalny sposób myślenia jest przedstówny, często nieświadomy.*

Zasada multimedialna jest silnie związana z techniką i ma różnorodne skutki odnośnie do kreowania techniki. *Kreowanie technik informacyjnych powinno koncentrować się na multimedialnych aspektach wspomagania komunikacji i kreatywności. Kreowanie techniki zaczyna się w istocie od myślenia przedstównego.*

Zasada wyłaniania się jest również częściowo umotywowana doświadczeniem technicznym, zwłaszcza technik informacyjnych. Podkreśla ona, że nowe własności, wyłaniające się ze wzrostem złożoności systemów, są *jakościowo różne i nieredukowalne do własności części tych systemów*. Może się to wydawać wnioskiem z klasycznych pojęć teorii systemów, synergii i holizmu, czy też metafizycznym przekonaniem religijnym; rzecz w tym, że obie takie upraszczające interpretacje są błędne. *Synergia i holizm mówią, że całość jest większa od sumy swych części, ale nie podkreślają nieredukowalności. Tak więc, w klasycznym rozumowaniu systemowym, całość jest większa, ale nadal może być redukowana do swych części*^①.

^① Redukcja czy redukowanie się oznacza tu wyjaśnienie działania i własności pewnego systemu czy całości przez własności części oraz przez relacje przyczynowo-skutkowe. We współczesnej teorii chaosu deterministycznego czy stochastycznego jest znanych natomiast wiele racjonalnie tłumaczonych (wynikających z cech matematycznych złożonych dynamicznych systemów nieliniowych) przypadków wyłaniania się nowego porządku, o własnościach nieprzewidywalnych zdroworozsądkowo, nieredukowalnych do własności elementarnych. We współczesnej technice telekomunikacji wykorzystuje się praktycznie nieredukowalność do pokonywania złożoności systemów, np. zakładając niezależność funkcji (czyli nieredukowalność) kolejnych warstw protokołów sieciowych (zob., np. [38]).

Tymczasem najlepszym niedawnym przykładem fenomenu emergencji było spontaniczne wyłonienie się pojęcia *software* w ewolucji technicznej i cywilizacyjnej ostatnich pięćdziesięciu lat. Oprogramowanie, *software*, nie może działać bez sprzętu (*hardware*), ale nie może być zredukowane do – czy wytłumaczone przez – własności sprzętu. Fakt ten ma też pewne znaczenie dla metafizyki Absolutu, gdyż przeczy argumentom kreacjonistów, którzy twierdzili, że nieredukowalna złożoność nie mogła spontanicznie wyłonić się w ewolucji, musiała być wynikiem inteligentnego projektu świata; tymczasem ewolucja cywilizacyjna nawet w trakcie ostatnich pięćdziesięciu lat daje przykłady takiej spontanicznej emergencji. Natomiast planowe wykorzystanie emergencji w technikach informacyjnych dotyczy, np. siedmiu warstw funkcjonalności sieci teleinformatycznych i innych przykładów wykorzystania podziału funkcji złożonych systemów na warstwy w celu opanowania ich złożoności.

Tak więc zasada wyłaniania się jest przeciwstawna redukcjonizmowi. Trzeba tu podkreślić, że nauki ściśle i przyrodnicze, bardziej paradygmatyczne niż technika, nadal hołdują redukcjonizmowi, np. fizycy wierzą, że obliczenia kwantowe zmieniają zasadniczo techniki obliczeniowe, podczas gdy analizując rozwój *software'u* oraz nauk obliczeniowych, można dojść do wniosku, że obliczenia kwantowe zmieniają zasadniczo tylko sprzęt, nie oprogramowanie, które rozwija się według zasad nieredukowalnych do sprzętu.

Uwagi końcowe

W ciągu ostatniej dekady szczególnego znaczenia w telekomunikacji oraz szerzej – w wykorzystaniu internetu – nabrało wynajdywanie interesujących formuł logicznych, czy szerzej – relacji, interesujących informacji, czy modeli wiedzy w bardzo dużych zbiorach danych bądź to zgromadzonych np. przez operatorów telekomunikacyjnych, bądź też po prostu dostępnych w internecie. Działalność taka w terminologii angielskiej jest określana jako *data mining* lub *knowledge mining*; związane z tym inne pojęcia to *knowledge management*, *knowledge engineering* czy wręcz *knowledge science*. Ponieważ *naukoznawstwo* ma inne (filozoficzne) tradycyjne znaczenie w języku polskim, *zarządzanie wiedzą* zaś jest dzisiaj głównie przedmiotem nauk o zarządzaniu, w pracach Instytutu Łączności postanowiono raczej posługiwać się w tym zakresie szeroko rozumianym pojęciem *inżynierii wiedzy*.

Badania dotyczą przy tym kilku głównych działów technik inżynierii wiedzy: wykorzystania zaawansowanych narzędzi i metod logiki matematycznej, wykorzystania metod inżynierii ontologicznej, wykorzystania metod optymalizacji i podziału zbiorów danych do rozpoznawania wzorców, wykrywania zdarzeń i anomalii, wykorzystania metod wielokryterialnej teorii decyzji oraz wykorzystania różnorodnych zaawansowanych metod statystycznych. Wszystkie one, w większym lub mniejszym stopniu, mogą służyć wykrywaniu wiedzy w dużych zbiorach danych.

Zagadnienia inżynierii wiedzy są też przedmiotem bardzo intensywnej współpracy międzynarodowej Instytutu Łączności. Od 2000 r. IŁ organizuje międzynarodową konferencję *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*, gromadzącą przedstawicieli wielu krajów. Zostały podpisane również umowy o współpracy badawczej z IIASA, z JAIST oraz z innymi instytucjami badawczymi.

Zastosowania inżynierii wiedzy mogą dotyczyć bardzo wielu dziedzin. W Instytucie Łączności wykonuje się różnorodne prace dla operatorów telekomunikacyjnych, stosuje się zaawansowane metody statystyczne inżynierii wiedzy do analizy zaawansowania różnych wskaźników rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce (głównie na Mazowszu), a także metody inżynierii ontologicznej we wspomaganiu zarządzania wiedzą w jednostkach badawczych itp.

Bibliografia

- [1] Białoń P., “An eclectic approach to network service failure detection based on multicriteria analysis with an example of mixing probabilistic context free grammar models”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 32–39, 2008.
- [2] Białoń P., “A linear support vector machine for large numbers of training examples”, *Control and Cybernetics*, 2009 (in print).
- [3] Bishop C. M., *Pattern Recognition and Machine Learning*. Singapore: Springer, 2006.
- [4] Calders T., Jaroszewicz S., “Efficient AUC optimization for classification”, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Berlin: Springer, 2007, vol. 4702, pp. 42–53.
- [5] Chudzian C., “Ontology creation process in knowledge management support system for a research institute”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 47–53, 2008.
- [6] Clímaco J., Traczyk W., Granat J., “Decision support for telecommunications and information society: introduction”, *European Journal of Operational Research*, vol. 181, no. 3, pp. 1017–1018, 2007.
- [7] Düntsch I., Orłowska E., “A discrete duality between apartness algebras and apartness frames”, *Journal of Applied Non-Classical Logics*, vol. 18, no. 2–3, pp. 209–223, 2008.
- [8] Gadamer H.-G., *Wahrheit und Methode. Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik*. J.B.C. Mohr (Siebeck), Tübingen, 1960.
- [9] Golińska-Pilarek J., Orłowska E., “Logics of similarity and their dual tableaux. A survey”, in *Preferences and Similarities*, Della Riccia G., Dubois D., Lenz H. J., Kruse R., Eds. New York: Springer, 2008, vol. 504, pp. 129–159.
- [10] Golińska-Pilarek J., Orłowska E., “Relational proof systems for spatial reasoning”, in *Algebraic and Relational Deductive Tools: Journal of Applied Non-Classical Logics*, Orłowska E., Policriti B., Szałas A., Eds., vol. 16, pp. 409–431, 2006.
- [11] Granat J., “A framework for event based modeling and analysis”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 88–90, 2006.
- [12] Granat J., “Event mining based on observations of the system”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 3, pp. 87–90, 2005.
- [13] Granat J., “Models and algorithms for event mining”, *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 53–57, 2007.
- [14] Granat J., Guerriero F., “The interactive analysis of the multicriteria shortest path problem by the reference point method”, *European Journal of Operational Research*, vol. 151, pp. 103–118, 2003.
- [15] Granat J., Makowski M., “Interactive specification and analysis of aspiration-based preferences”, *European Journal of Operational Research*, vol. 122, pp. 469–485, 2000.
- [16] Granat J., Wierzbicki A. P., “Objective classification of empirical probability distributions and the issue of event detection”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 3, pp. 24–27, 2008.
- [17] Grzegorek J., Wierzbicki A. P., “New statistical approaches in the systemic analysis of regional, intra-regional and cross-regional factors of information society and economic development; the case of Mazovia”, in *Proc. Conference Development Trends of Mazovia – Mazovia Quo Vadis*, Warsaw, Poland, June 2009.

- [18] Ho T. B., Kawasaki S., Granat J., “Knowledge acquisition by machine learning and data mining”, in *Creative Environments*, Wierzbicki A. P., Nakamori Y., Eds. Berlin-Heidelberg: Springer, 2007, pp. 69–92.
- [19] Jaroszewicz S., “Minimum variance associations – discovering relationships in numerical data”, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008, vol. 5012, pp. 172–183.
- [20] Jaroszewicz S., Granat J., “Data mining w systemach dynamicznych”. Warszawa, Instytut Łączności, 2007.
- [21] Jaroszewicz S., Ivantysynova L., Scheffer T., “Schema matching on streams with accuracy guarantees”, *Intelligent Data Analysis*, vol. 12, no. 3, pp. 253–270, 2008.
- [22] Jaroszewicz S., Scheffer T., Simovici Dan A., “Scalable pattern mining with Bayesian networks as background knowledge”, *Data Mining and Knowledge Discovery*, pp. 1–45, 2008.
- [23] Nonaka I., Takeuchi H., *The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press, 1995.
- [24] Orłowska E., *Informational Representability of Models for Information Logics*. Dordrecht: Kluwer, 1997.
- [25] Orłowska E., *Logic at Work*. Physica Verlag c/o Springer. Berlin-Heidelberg: Springer, 1999.
- [26] Orłowska E., Radzikowska A. M., “Relational representability for algebras of substructural logics”, in *Relational Methods in Computer Science*, MacCaull W., Winter M., Düntsch I., Eds., *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer, 2006, vol. 3929, pp. 212–226.
- [27] Orłowska E., Rewitzky I., “Context algebras, context frames, and their discrete duality”, in *Transactions on Rough Sets IX, Lecture Notes in Computer Science*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008, vol. 5390, pp. 212–229.
- [28] Orłowska E., Rewitzky I., “Duality via truth: semantic frameworks for lattice-based logics”, *Logic Journal of the IGPL*, vol. 13, no. 4, pp. 467–490, 2005.
- [29] Polanyi M., *The Tacit Dimension*. London: Routledge and Kegan, 1966.
- [30] Ren H., Tian J., Wierzbicki A. P., Nakamori H., Klimasara E., “Ontology construction and its applications in local research communities”, in *IFIP Working Group 7.6 Workshop on Modelling and Decision Support for Network-based Services*, Warsaw, Poland, Sept. 2008.
- [31] Ren H., Wierzbicki A. P., Tian J., Nakamori H., “Creative environments for scientific research in a research institute”, *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 35–47, 2007.
- [32] Sobieszek J., “Towards a unified architecture of knowledge management system for a research institute”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 54–59, 2008.
- [33] Traczyk W., Wierzbicki A. P., Huynh V. N., “Knowledge representation and multiple criteria aggregation”, in *Creative Environments*, Wierzbicki A. P., Nakamori Y., Eds. Berlin-Heidelberg: Springer, 2007, pp. 281–320.
- [34] Wierzbicki A. P., “Issues of metaphysics from technological perspective: the importance of multimedia principle and emergence principle”, *Dialogue and Universalism*, vol. 12, pp. 17–30, 2007.
- [35] Wierzbicki A. P., “Knowledge creation theories and rational theory of intuition”, *International Journal for Knowledge and Systems Science*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2004.
- [36] Wierzbicki A. P., Makowski M., Wessels J., *Model-Based Decision Support Methodology with Environmental Applications*. Boston-Dordrecht: Kluwer, 2000.

- [37] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., *Creative Environments: Issues of Creativity Support for the Knowledge Civilization Age*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2007.
- [38] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., *Creative Space: Models of Knowledge Creation Processes for the Knowledge Civilization Age*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2006.
- [39] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., “Knowledge sciences – some new developments”, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, vol. 77, no. 3, pp. 271–296, 2007.
- [40] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., “The episteme of knowledge civilization”, *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 8–20, 2007.
- [41] Wilson T. D., “The nonsense of “knowledge management”, *Information Research*, vol. 8, no. 1, paper no. 144, 2002.

Janusz Granat



Dr inż. Janusz Granat (1961) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1987); nauczyciel akademicki i pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej (od 1988); pracownik naukowy Instytutu Łączności (od 1997), kierownik Zakładu Zaawansowanych Technik Informacyjnych IŁ; przewodniczący grupy badawczej IFIP WG7.6, współpracownik IIASA w Austrii oraz JAIST w Japonii; współorganizator międzynarodowej konferencji *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*; kierownik wielu projektów badawczych; autor i współautor wielu publikacji naukowych; zainteresowania naukowe: teoria i metodologia optymalizacji wektorowej, hurtownie danych, analiza danych, projektowanie komputerowych systemów wspomagania decyzji.
e-mail: J.Granat@itl.waw.pl

Andrzej P. Wierzbicki



Prof. zw. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki (1937) – absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1960); nauczyciel akademicki i pracownik naukowy wielu uczelni (Politechnika Warszawska, Uniwersytet Minnesota, Uniwersytet Browna, Uniwersytet Kioto, IIASA, JAIST), pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1996), dyrektor naczelny IŁ (1996–2004); organizator działalności badawczej i naukowej; członek Information Society Advisory Group (ISTAG) powołany przez Komisję Europejską, przewodniczący Zespołu Doradców KBN ds. Naukowej Współpracy Międzynarodowej, wiceprzewodniczący Komitetu Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN; autor licznych publikacji; zainteresowania naukowe: teoria i metodologia optymalizacji wektorowej, wspomagania decyzji i projektowania, teoria oraz metody obliczeniowe optymalizacji, techniki i sztuka negocjacji, zjawiska cywilizacyjne, rynkowe oraz techniczne związane z pojęciami społeczeństwa informacyjnego i cywilizacji informacyjnej.
e-mail: A.Wierzbicki@itl.waw.pl