

Metoda zestawiania internetowych usług złożonych w dziedzinie geograficznych systemów informacyjnych

Piotr Grobelny

Streszczenie: W ramach artykułu zaprezentowana została metoda zestawiania internetowych usług złożonych w dziedzinie geograficznych systemów informacyjnych. System ekspertowy pełni w niej rolę doradcy w wyszukiwaniu serwisów na podstawie ich semantycznej specyfikacji oraz kompozycji ich w nowe kompleksowe funkcjonalności. Architektura systemów komputerowych zorientowana na usługi oraz dostępne obiektowe silniki reguł pozwalają na tworzenie nowych programów z wykorzystaniem języka specyficznego dla domeny oraz ontologii dziedzinowych.

Słowa kluczowe: Semantyczna specyfikacja usługi internetowej, System ekspertowy, Język specyficzny dla domeny

1. WSTĘP

Celem artykułu jest zaprezentowanie nowego podejścia do tworzenia oprogramowania poprzez wspomaganie tego procesu przez system ekspertowy. Z uwagi na międzynarodowy charakter prezentowanych wyników badań, wykorzystano w pracy terminy języka angielskiego, aby ujednolicić nazewnictwo z wcześniej opublikowanymi artykułami.

„Luźno powiązane” komponenty programowe (*loosely coupled software*), a w szczególności usługi internetowe (*web services*) wychodzą naprzeciw potrzebie tworzenia funkcjonalności programistycznych przez inżyniera domeny, który nie ma szczegółowej wiedzy w programowaniu komputerowym. Posiada on za to silną wiedzę ekspercką w swojej dziedzinie. Rozwiązaniem tego problemu może być programowanie deklaratywne oparte o język specyficzny dla domeny (*Domain Specific Language - DSL*), wspomagane przez silniki reguł.

Przedstawiona metoda zakłada sytuację, w której wszystkie zestawiane w ramach usług kompleksowych jednostkowe funkcjonalności są usługami internetowymi rozproszonymi w ramach architektury zorientowanej na usługi (*Services Oriented Architecture - SOA*). Główną ideą takiego podejścia jest fakt, że inżynier domeny operuje na usługach jednostkowych, bez potrzeby znajomości technik programistycznych oraz sprzętowych, które implementują dany serwis [4]. Poszczególne usługi dostarczane są przez różne podmioty w Internecie.

1.1. KONCEPCJA

Dziedziną, w której zastosowano opisywaną metodę są internetowe systemy informacji geograficznej (*Geographic Information Systems - GIS*). Wykorzystano przy tym system ekspertowy, który pełni rolę doradcy.

Jako fakty w dedukcyjnej bazie danych zarejestrowano semantyczne specyfikacje usług, które zawierają w sobie opis interfejsów i możliwości serwisów oraz informację o ich parametrach jakościowych (*Quality of Services - QoS*) i nie-funkcjonalnych właściwościach (*NFP*). Tak utworzony system reprezentacji wiedzy (*Knowledge Representation System - KRS*) umożliwia wydobywanie wiedzy o mapach, warstwach i danych geoprzestrzennych.

1.2. STAN WIEDZY

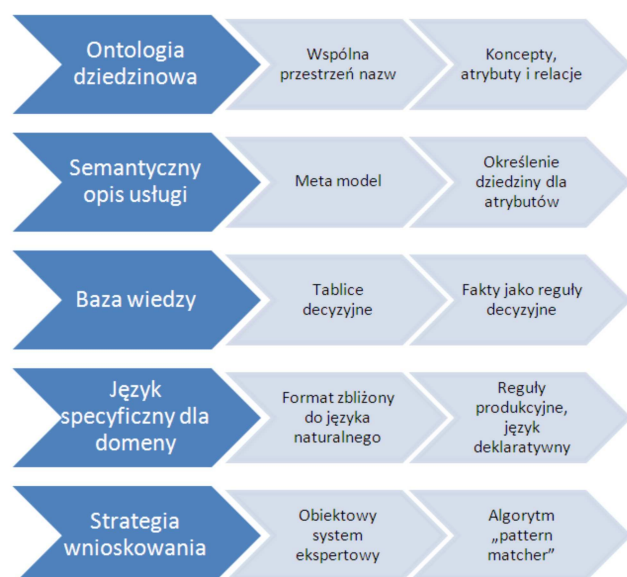
Prace [6],[13] wskazują na reguły jako ważny paradygmat reprezentowania wiedzy o semantycznych usługach internetowych (*Semantic Web Services*). Za pomocą reguł wiedza ta może być wyrażona w formie JEŻELI A TO B, a następnie połączona ontologią dziedzinową, która pozwala na prezentację informacji w kontekście danej dziedziny za pomocą konceptów, ich atrybutów i relacji. Autorzy raportów [6],[15] położyli fundamenty dla technologii semantycznych serwisów. Istnieje jednak potrzeba dostarczenia nowego modelu semantycznej specyfikacji usługi w dziedzinie GIS. Obecne podejścia skupione są na zestawianiu kompleksowych web serwisów w ramach łańcuchów procesów biznesowych zapisanych np. w języku BPEL. Serwisy geograficzne nie są zestawiane w taki sposób. Jak już wspomniano wcześniej, dostarczają one mapy i dane przestrzenne. Informacją, która łączy je wszystkie jest pozycja geograficzna prezentowanych artefaktów.

Zaproponowany w tym artykule meta model opisu semantycznego usługi bazuje na formalizmie tablic decyzyjnych [17]. Równocześnie zaproponowano użycie teorii języków specyficznych dla domeny do wyrażania zapytań do systemu ekspertowego w formie zbliżonej do języka naturalnego.

2. METODA

Dokument ten opisuje obiektowo zorientowaną reprezentację wiedzy, która składa się z instancji semantycznych modeli usług zapisanych jako fakty w dedukcyjnej bazie danych (reguły decyzyjne). Natomiast proces wnioskowania odbywa się z wykorzystaniem *DSL* zapisanego w formie reguł produkcyjnych [11].

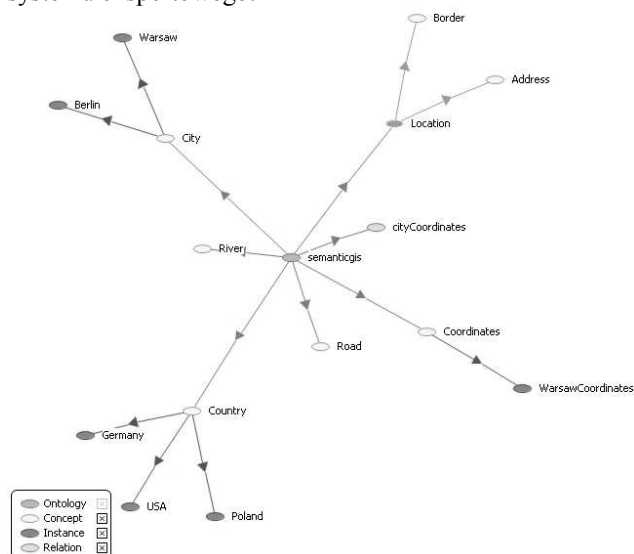
Rysunek 1 wskazuje elementy prezentowanej metody, których wykorzystanie zostanie opisane szczegółowo w następnych sekcjach. Są to: ontologia dziedzinowa, semantyczna specyfikacja usługi, baza wiedzy, język specyficzny dla domeny oraz strategia wnioskowania realizowana przez silnik reguł.



Rys. 1. Elementy metody zestawiania kompleksowych usług internetowych

2.1 SYSTEM REPREZENTACJI WIEDZY

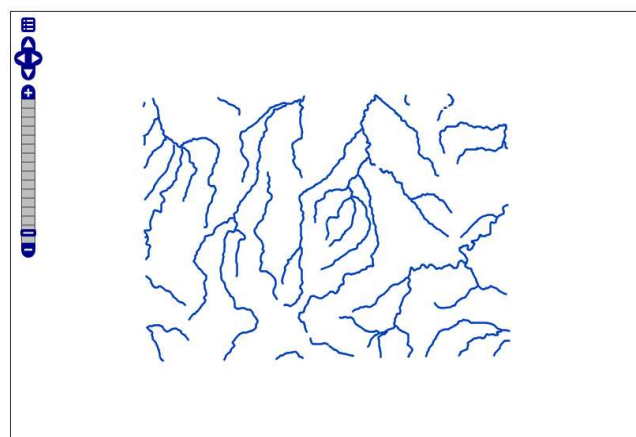
Ontologia dziedzinowa definiuje koncepty i relacje pomiędzy nimi (Rys. 2). Ustanawia ona wspólną przestrzeń nazw dla systemów informatycznych w danej dziedzinie. Wspólne znaczenie terminów użytych do opisu zasobów domenowych jest bardzo ważnym aspektem, ponieważ ontologia integruje wszystkie komponenty systemu reprezentacji wiedzy (*KRS*). Dlatego też, zaczynając od wyrażen języka specyficznego dla domeny poprzez definiowanie faktów przez eksperta i kończąc na interakcji z systemem komputerowym została użyta ontologia WSMO [3]. Autor utworzył tę ontologię w języku WSMML [20]. Zdefiniowane koncepty zostały przekonwertowane do odpowiednich klas języka Java za pomocą biblioteki WSMO4J API a następnie instancje konceptów zostały załadowane do pamięci roboczej systemu ekspertowego.



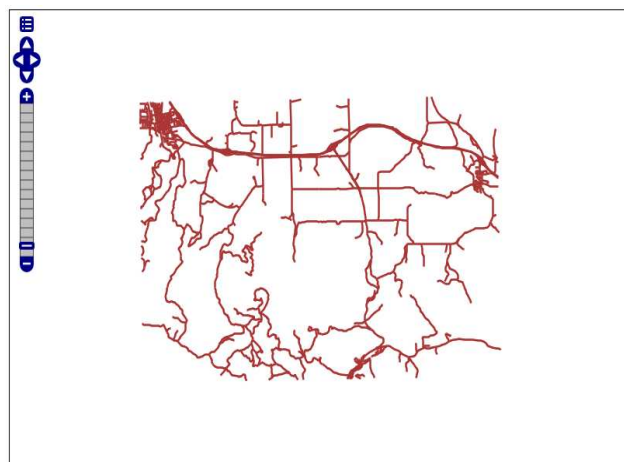
Rys. 2. Ontologia dziedzinowa zaprojektowana z wykorzystaniem narzędzia WSMO Studio [21]

Semantyczna specyfikacja serwisu umożliwia wyrażenie informacji o usłudze internetowej w kontekście wiedzy dziedzinowej. Artykuł ten dotyczy internetowych systemów informacji geograficznej składających się z rozproszonych w Internecie geo-serwerów, które dostarczają mapy, warstwy i dane przestrzenne dla webowych interfejsów użytkownika takich jak Google Maps lub Google Earth. Internetowe GISy reprezentują nową branżę w technologiach informacyjnych i komunikacyjnych. Mają one zastosowanie w zarządzaniu rozproszoną informacją w sytuacjach kryzysowych, planowaniu miejskim, utrzymaniu infrastruktury sieciowej [14].

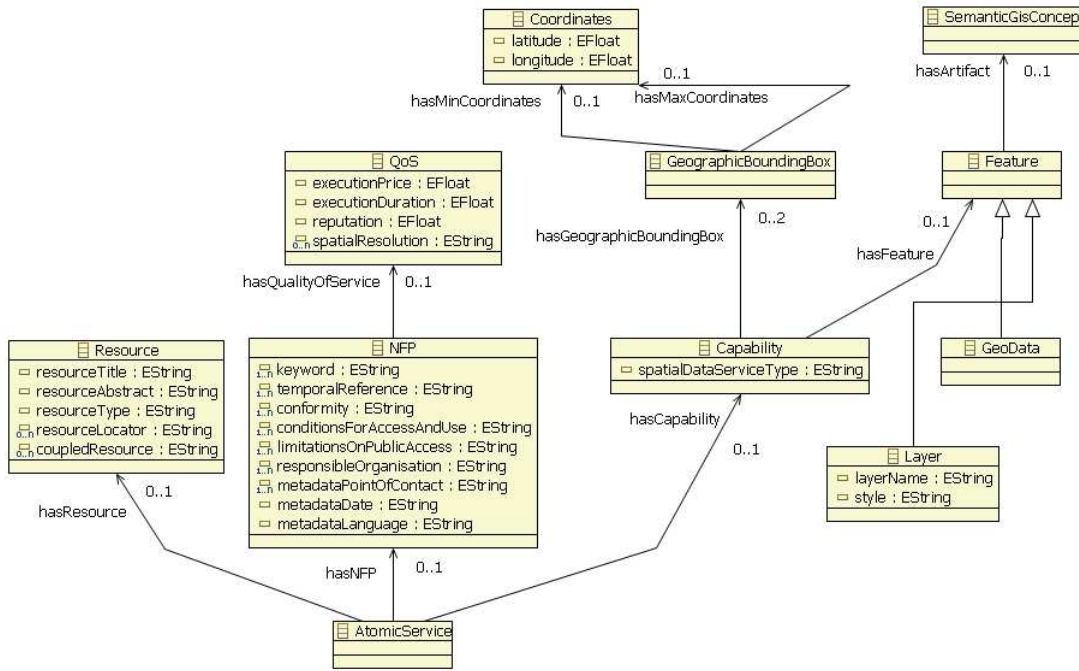
Określone zostały standardy web serwisów w dziedzinie GIS takie jak *Web Map Service (WMS)* lub *Web Feature Service (WFS)* zgodne z ustaleniami *Open Geospatial Consortium (OGC)* [5],[16], gdzie usługi są dostępne poprzez standardowe wywołania REST lub SOAP na serwerze. Siłą usług *WMS* jest generowanie map po stronie serwera. Efektem ich wykonania są gotowe do wyświetlenia warstwy map. Jest to bardzo wygodne dla bazującego na przeglądarce internetowej interfejsu użytkownika. Usługi *WFS* są zaprojektowane do dostarczania danych przestrzennych bez wskazywania jak powinny być one wyświetlane [1].



Rys. 3. Usługa *WMS*, która przedstawia rzeki w pewnej lokalizacji geograficznej



Rys. 4. Usługa *WMS*, która przedstawia drogi w pewnej lokalizacji geograficznej



Rys. 5. Meta model semantycznej specyfikacji usługi w dziedzinie GIS

Semantyczne modele usług ustanawiają system reprezentacji wiedzy, który można sformułować w następujący sposób:

KRS jest parą

$$KRS = (U, A) \quad (1)$$

gdzie U jest zbiorem obiektów oraz A jest niepustym, skończonym zbiorem atrybutów. Każdy atrybut $a \in A$ jest funkcją informacyjną

$$A:U \rightarrow V_a \quad (2)$$

gdzie V_a jest zbiorem wszystkich możliwych wartości a , zwanym dziedziną a . W przypadku rozważanych serwisów GIS dziedziny poszczególnych atrybutów określone są przez koncepty i relacje pokazane na rysunku 5.

Reprezentacja wiedzy, która rozróżnia atrybuty warunkowe i decyzyjne nazywana jest tablicami decyzyjnymi [17]. Jeżeli więc P (4) zawiera wszystkie atrybuty warunkowe oraz Q (5) zawiera wszystkie atrybuty decyzyjne ze zbioru A (3) to taką regułą decyzyjną nazywamy regułą PQ (6).

Tabela 1 prezentuje tablicę decyzyjną gdzie reguły PQ wiążą informacje o możliwościach usługi (*Capability*), jej nie-funkcjonalnych właściwościach (*NFP*) oraz parametrach jakościowych (*QoS*).

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}\} \quad (3)$$

$$P = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\} \\ = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}\} \quad (4)$$

$$Q = \{a_{11}, a_{12}\} = \{q_1, q_2\} \quad (5)$$

Na przykład atrybut *Capability.hasFeature* definiuje artefakty wyświetlane przez serwis, natomiast atrybut

Capability.hasGeographicBoundingBox wyznacza jej granice geograficzne.

Tablice decyzyjne mogą być wyrażone w równoważnej formie reguł decyzyjnych *JEŻELI...TO (IF...THEN)* (6).

$$PQ^l: JEŻELI \ p_1 = v_{p_1}^l \ I \ p_2 = v_{p_2}^l \ I \ ... \ I \ p_{n_p} = v_{p_{n_p}}^l \\ TO \ q_1 = v_{q_1}^l \ I \ q_2 = v_{q_2}^l \ I \ ... \ I \ q_{n_q} = v_{q_{n_q}}^l \quad (6)$$

Kolumny a_1 - a_{10} z tabeli 1 reprezentują atrybuty warunkowe p (4), a kolumny a_{11} - a_{12} reprezentują atrybuty decyzyjne q (5) reguły PQ .

Reguły te zapisywane są jako fakty w bazie wiedzy systemu ekspertowego.

2.2 WNIOSKOWANIE

Język specyficzny dla domeny jest sposobem na tworzenie zapytań do system ekspertowego w kontekście danej dziedziny. Może być używany do realizacji interfejsów użytkownika w istniejących systemach lub do wyrażania skomplikowanych struktur danych. **DSL** jest językiem programowania dopasowanym specjalnie dla aplikacji komputerowych realizujących zadania dla danej domeny.

W rozważanym zastosowaniu język ten zbudowany jest z wzorców warunków i akcji, które następnie są używane w regułach produkcyjnych wraz z parametrami, które mogą przybierać różne wartości. Reguły produkcyjne wyrażone w języku specyficznym dla domeny mają formę zbliżoną do języka naturalnego. Inżynier domeny modeluje zapytanie do dedukcyjnej bazy danych za pomocą prostego zbioru fraz, operatorów i zmiennych lingwistycznych, zamiast wielu linii kodu źródłowego i zagnieżdżonych pętli w programowaniu strukturalnym albo komendach SQL.

Tabela 1.
Przykład KRS w dziedzinie usług GIS

AtomicService.hasCapability					
<i>U</i>	Capabi- lity. service Type	Capability. has Geographic Bounding Box. hasMin Coordinates	Capability. has Geographic Bounding Box. hasMax Coordinates	Capabili- ty. has Feature. instance Of	Capabili- ty. has Feature. has Artifact
	<i>a₁</i>	<i>a₂</i>	<i>a₃</i>	<i>a₄</i>	<i>a₅</i>
<i>x₁</i>	WMS	{50,10}	{55,25}	Layer	Road
<i>x₂</i>	WMS	{100,10}	{100,25}	Layer	Road
<i>x₃</i>	WMS	{50,10}	{55,25}	Layer	River
<i>x₄</i>	WFS	{17,10}	{25,25}	Geo Data	City
<i>x₅</i>	WSDL	{50,10}	{25,25}	Geo Data	City
AtomicService.hasNFP					
<i>U</i>	NFP. provi- der	NFP. description	NFP.has QoS. execution Price	NFP. hasQoS. execution Duration	NFP.has QoS. reputation
	<i>a₆</i>	<i>a₇</i>	<i>a₈</i>	<i>a₉</i>	<i>a₁₀</i>
<i>x₁</i>	Tele Atlas	Service presents roads in a country	7\$	24ms	50%
<i>x₂</i>	GIS Atlas	Service presents roads in a country	10\$	12ms	90%
<i>x₃</i>	GIS Maps	Service presents rivers in a country	110\$	49ms	95%
<i>x₄</i>	GIS Comp any	Service returns data for cities	0\$	5ms	95%
<i>x₅</i>	ITS	Service returns data for cities	0\$	1ms	95%
AtomicService					
<i>U</i>	serviceName	URI			
	<i>a₁₁</i>	<i>a₁₂</i>			
<i>x₁</i>	Roads	http://semanticgis.net:8080/geoserver/wms?bbox=50.00,10.00,55.00,25.00&styles=&Format=jpg&request=GetMap&version=1.1.1&layers=topp:Roads&width=800&height=317&srs=EPSG:432			
<i>x₂</i>	RoadsMap	http://semanticgis.net:8080/geoserver/wms?bbox=100.00,10.00,100.00,25.00&styles=&Format=jpg&request=GetMap&version=1.1.1&layers=topp:RoadsMaps&width=800&height=317&srs=EPSG:432			
<i>x₃</i>	WaterMap	http://semanticgis.net:8080/geoserver/wms?bbox=50.00,10.00,55.00,25.00&styles=&Format=jpg&request=GetMap&version=1.1.1&layers=topp:WaterMap&width=800&height=317&srs=EPSG:432			
<i>x₄</i>	CitiData	http://semanticgis.net:8080/geoserver/wfs?service=wfs&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=location:Citi&featureID=cities.3			
<i>x₅</i>	provideCities	http://semanticgis.net:8090/ITS/provideCities?wsdl			

Zaletą wykorzystania system ekspertowego jest programowanie deklaratywne. Reguły produkcyjne są łatwiejsze do skonstruowania i przeczytania niż kod źródłowy aplikacji.

Poniższa implikacja (7) rozważana jest jako reguła produkcyjna.

$$\Phi \rightarrow \Psi \quad (7)$$

Ekspersi w danej dziedzinie mają małą wiedzę o programowaniu. Reguły produkcyjne umożliwiają im konstruowanie funkcjonalności programistycznych w prostym i przejrzystym języku specyficznym dla domeny [19]. Taką właśnie formę ma zapytanie do systemu ekspertowego, gdzie formuła (7) przyjmuje postać *KIEDY* <warunki> *TO* <akcje> (*WHEN* <conditions> *THEN* <actions>). Taka dwuczęściowa struktura wykorzystywana jest do wnioskowania bazującego na faktach dostarczonych przez system reprezentacji wiedzy.

Gramatykę zastosowanego *DSL* zapisaną w notacji Backusa-Naura (*BNF*) [18] przedstawia rysunek 6.

```

<rule> ::= <when_phrase> <then_phrase> <end_phrase>
<when_phrase> ::= <w_when> {<condition>}*
<then_phrase> ::= <w_then> {<action>}*
<end_phrase> ::= <w_end>
<w_when> ::= {when}
<w_then> ::= {then}
<w_end> ::= {end}
<condition> ::= <w_there_is> <variable> <w_where> <cond_part>
<w_there_is> ::= {There is}
<w_where> ::= {where}
<cond_part> ::= {<s_dash> <variable_attribute> <operator> <value>}*
<s_dash> ::= {-}
<operator> ::= {equals | contains | is | is less than | is greater than}
<action> ::= <action_body>
<action_body> ::= {Propose services | Propose best service}

```

Rys. 6. Gramatyka *DSL* w notacji *BNF*

Gramatyka ta jest ograniczonym zbiorem słów kluczowych, operatorów, deklaracji zmiennych, symboli terminalnych. W bardzo prosty sposób i przy użyciu niewielkiej liczby elementów języka umożliwia składanie zapytań do dedukcyjnej bazy danych.

Podejmowanie decyzji polega na operowaniu reguł produkcyjnych (*WHEN...THEN*) (Rys. 7) na faktach zdefiniowanych jako reguły decyzyjne (*IF...THEN*).

```

rule "Roads and rivers in a country"
when
  There is country1 where country1.countryName equals X
  There is service1 where service1.artifact equals Road
  and service1.latLonBoundingBox contains country1.countryCoordinates
  There is a service2 where service2.artifact equals River
  and service2.latLonBoundingBox contains country1.countryCoordinates
then
  Propose the services
end

```

Rys. 7. Przykład zapytania *DSL*

Rysunek 8 obrazuje wynik przykładowego zapytania *DSL*, efektem wykonania którego jest usługa złożona przedstawiająca rzeki i drogi w danym obszarze geograficznym na warstwie rastrowej.

Przedstawione na rysunku 7 wyrażenia języka specyficznego dla domeny przetransformowane zostaną do notacji akceptowalnej przez skorupę systemu ekspertowego. Zostało to opisane w artykułach [9], [10]. Jako system ekspertowy wykorzystano obiektowy silnik reguł bazujący na algorytmie Rete [2],[7]. W swoim poprzednim artykule [12] autor rozszerzył gramatykę języka specyficznego dla domeny o zapytania nieprecyzyjne bazujące na logice rozmytej, zmiennych lingwistycznych



Rys. 8. Efekt zapytania w DSL

i funkcjach przynależności parametrów jakościowych serwisu.

3. PODSUMOWANIE

Zaprezentowana metoda pozwala na inteligentne odkrywanie i zestawianie usług złożonych w dziedzinie internetowych systemów informacji geograficznej. Pomocna jest ona ekspertom dziedzinowym, którzy nie mają doświadczenia w programowaniu komputerowym. Mogą oni składać zapytania do dedukcyjnej bazy danych w **DSL**, w sposób zbliżony do języka naturalnego, z użyciem bardzo prostej i ograniczonej do kilku wyrażen gramatyki, opartej o reguły produkcyjne. Rezultatem wnioskowania jest kompozycja usług internetowych. Podejście to jest pomocne na przykład w zarządzaniu kryzysowym, gdzie eksperci mają możliwość adaptacyjnego budowania map w zależności od tego jakie informacje potrzebują uzyskać. Mapy te są opisane za pomocą semantycznych modeli przechowywanych w bazie systemu ekspertowego i dostępne jako serwisy rozproszone w Internecie oraz dostarczane przez geo-serwery. Autor artykułu wykonał również prototyp sprawdzający wykonalność zaproponowanej metody na platformie Java przedstawiony we wcześniejszej pracy [8]. Wykorzystanie systemów ekspertowych jest obiecującym kierunkiem budowania oprogramowania w modelu *Software as a Service (SaaS)*.

LITERATURA

- [1] Davis S., *GIS for web developers*. The Pragmatic Programmers, Raleigh, North Carolina Dallas, 2007
- [2] Doorenbos R.B., *Production matching for large learning systems (Rete/UL)*. PhD thesis, Carnegie Mellon University, 1995
- [3] Dumitru R., "Web Service Modeling Ontology", *Applied Ontology*, 1(1), ss. 77-106. IOS Press 2005
- [4] Ekelhart A., Fenz S., "Security issues for the use of semantic web in e-commerce", *10th International Conference BIS 2007 proceedings*, LNCS vol. 4439, ss. 1-13. Springer, Berlin Heidelberg 2007
- [5] European Commission Joint Research Centre, *INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu>, 2009
- [6] Fensel D., Lausen H., Polleres A., *Enabling Semantic Web Services*. Springer, Berlin Heidelberg, 2007
- [7] Forgy C., "RETE: A fast algorithm for the many pattern many object pattern match problem", *Artificial Intelligence*, 19(1), ss. 17-37, 1982
- [8] Grobelny P., "Rapid Prototyping of Complex Services in SOA Architecture". IX International PhD Workshop OWD'2007, *Conference Archives PTETiS*, vol. 23(1), ss.71-76, 2007
- [9] Grobelny P., "The expert system approach in development of loosely coupled software with use of domain specific language", *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, Vol. 3, ss. 119-123. IEEE Computer Society Press, 2008, DOI:10.1109/IMCSIT.2008.4747227
- [10] Grobelny P., "Knowledge representation in services oriented architecture", *Przegląd Telekomunikacyjny*, 6/2008, ss. 793-796. SIGMA NOT 2008
- [11] Grobelny P., Pieczynski A., "Application of expert system in the discovery of complex services within Geographic Information Systems", *Advanced Control and Diagnosis - ACD 2009 : 7th Workshop*, Institute of Control and Computation Engineering University of Zielona Góra, 2009
- [12] Grobelny P., Pieczynski A., "Semantic reasoning in internet-based geographic information systems", *15th International Conference on Soft Computing - MENDEL 2009*, ss. 127-132. Brno University of Technology, 2009
- [13] Kifer M., Lausen G., Wu J., "Logical foundations of object-oriented and frame-based languages". *Journal of the Association for Computing Machinery*. 1995
- [14] Komarkowa J., Novak M., Bilkova R., Visek O., Valenta Z., "Usability of GeoWeb sites: case study of Czech regional authorities web sites", *10th International Conference BIS 2007 proceedings*, LNCS 4439, ss.411-423. Springer, Heidelberg, 2007
- [15] Kuroпка D., Troeger P., Staab S., Weske M., *Semantic Service Provisioning*, chapter 3. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008
- [16] Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org>
- [17] Pawlak Z., *ROUGH SETS Theoretical aspects of reasoning about data*. Kluwer Academic Publishers, 1991
- [18] Russel S., Norvig P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, Pearson Education, New Jersey, 2010
- [19] Spinellis D., "Notable design patterns for domain-specific languages", *Journal of Systems and Software*, 56, ss. 91-99. Elsevier, 2001
- [20] Web Service Modeling Ontology, <http://www.wsmo.org>
- [21] WSMO Studio, <http://www.wsmstudio.org>



mgr inż. Piotr Grobelny
Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Elektrotechniki,
Informatyki i Telekomunikacji

Instytut Sterowania
i Systemów Informatycznych
ul. Podgórna 50,
65-246 Zielona Góra
e-mail: P.Grobelny@weit.uz.zgora.pl