



**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**Instytut Badań Systemowych**

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:  
ŚRODOWISKO NATURALNE,  
PRZESTRZEŃ, OPTYMALIZACJA**

**Olgierd Hryniewicz,**  
**Andrzej Straszak,**  
**Jan Studziński**  
**red.**



**BADANIA OPERACYJNE  
I SYSTEMOWE:  
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZE-  
STRZEŃ, OPTYMALIZACJA**

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH • POLSKA AKADEMIA NAUK

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE**  
**tom 63**

---

**Redaktor naukowy:**

**Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum**

**Warszawa 2008**

**Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński**

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:  
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZESTRZEŃ,  
OPTYMALIZACJA**

Publikacja była opiniowana do druku przez zespół recenzentów, którego skład podano w treści tomu

Opinie, wyrażone przez autorów w pracach, zawartych w niniejszym tomie, nie są oficjalnymi opiniami Instytutu Badań Systemowych PAN, ani Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych.

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN & Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych  
Warszawa 2008

**ISBN 83-894-7519-7**  
**EAN 9788389475190**

Redakcja i opracowanie techniczne: Jan W. Owskiński, Aneta M. Pielak, Anna Gostyńska

**Lista recenzentów  
artykułów, wchodzących w skład tomów serii „Badania Systemowe”  
związanych z konferencją BOS 2008**

Dr Paweł Bartoszczuk  
Dr inż. Lucyna Bogdan  
Dr hab. inż. Zbigniew Buchalski  
Mgr inż. Hanna Bury  
Prof. dr hab. Marian Chudy  
Dr Jan Gadomski  
Mgr Grażyna Grabowska  
Mgr inż. Andrzej Jakubowski  
Dr hab. inż. Ignacy Kaliszewski  
Dr Andrzej Kałużko  
Dr hab. Leszek Klukowski  
Dr hab. inż. Wiesław Krajewski  
Dr inż. Lech Kruś  
Dr hab. inż. Marek Libura  
Dr Barbara Mażbic-Kulma  
Dr inż. Edward Michalewski  
Dr inż. Jan W. Owiński  
Dr inż. Grażyna Petriczek  
Dr inż. Henryk Potrzebowski  
Dr Maciej Romaniuk  
Prof. dr hab. Piotr Sienkiewicz  
Dr hab. Henryk Spustek  
Prof. dr hab. Andrzej Straszak  
Dr hab. inż. Jan Studziński  
Prof. dr hab. Tomasz Szapiro  
Mgr Anna Szediw  
Dr inż. Grażyna Szkatuła  
Dr hab. inż. Tadeusz Witkowski  
Dr Irena Woroniecka-Leciejewicz  
Dr hab. Sławomir Zadrożny  
Dr inż. Andrzej Ziółkowski

**Komitet Konferencji  
Badania Operacyjne i Systemowe 2008  
Rembertów, Akademia Obrony Narodowej**

Patronat honorowy

Bogdan Klich, Minister Obrony Narodowej  
Maciej Nowicki, Minister Środowiska i Zasobów Naturalnych

Komitet Sterujący

Janusz Kacprzyk, Prezes Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych  
Olgierd Hryniewicz, Dyrektor Instytutu Badań Systemowych  
Janusz Kręcikij, Komendant Akademii Obrony Narodowej

Komitet Programowy

Piotr Sienkiewicz, *Przewodniczący*  
Jacek Mercik, *Wiceprzewodniczący*

<i>Tomasz Ambroziak</i>	<i>Ryszard Budziński</i>	<i>Wojciech Cellary</i>
<i>Marian Chudy</i>	<i>Ludostaw Drelichowski</i>	<i>Jerzy Hołubiec</i>
<i>Olgierd Hryniewicz</i>	<i>Adam A. Janiak</i>	<i>Jerzy Józefczyk</i>
<i>Ignacy Kaliszewski</i>	<i>Józef Korbicz</i>	<i>Maciej Krawczak</i>
<i>Piotr Kulczycki</i>	<i>Małgorzata Łatuszyńska</i>	<i>Marek J. Malarski</i>
<i>Barbara Mażbic-Kulma</i>	<i>Zbigniew Nahorski</i>	<i>Andrzej Najgebauer</i>
<i>Włodzimierz Ogryczak</i>	<i>Wojciech Olejniczak</i>	<i>Jan W. Owsiański</i>
<i>Andrzej Piegat</i>	<i>Krzysztof Santarek</i>	<i>Roman Słowiński</i>
<i>Honorata Sosnowska</i>	<i>Henryk Spustek</i>	<i>Jan Stachowicz</i>
<i>Andrzej Straszak</i>	<i>Tomasz Szapiro</i>	<i>Andrzej Szymonik</i>
<i>Ryszard Tadeusiewicz</i>	<i>Eugeniusz Toczyłowski</i>	<i>Tadeusz Trzaskalik</i>
<i>Jan Węglarz</i>	<i>Tadeusz Witkowski</i>	<i>Stanisław Zajas</i>
	<i>Bogdan Zdrodowski</i>	

Komitet Organizacyjny

Jan W. Owsiański, Andrzej Kałużko, Mieczysław Pelc, Zbigniew Piątek

Sekretariat

Krystyna Warzywoda, Monika Majkut, Aneta M. Pielak, Krzysztof Sep,  
Anna Stachowiak, Halina Świeboda, Tadeusz Winiarski

Redakcja wydawnictw

Janusz Kacprzyk, Piotr Sienkiewicz, Andrzej Najgebauer,  
Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński,  
Jan W. Owsiański, Zbigniew Nahorski, Tomasz Szapiro

# **Środowisko i jego ochrona**



## **OPRACOWANIE MODELU INTELIGENTNEGO ZARZĄDZANIA ŚRODOWISKIEM**

**Izabela Rojek**

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Mechaniki Środowiska  
i Informatyki Stosowanej, ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz

W referacie został przedstawiony model inteligentnego zarządzania środowiskiem.

Model ten opiera się na danych z bazy danych, wiedzy, modeli i metod. Model będzie wizualizowany poprzez mapy wykorzystujące Geograficzny System Informacyjny (GIS). Opracowywany model składa się z czterech podmodeli: zbierania danych, archiwizacji danych, przetwarzania danych i udostępniania informacji.

### 1. Wstęp

Unia Europejska wysuwa się na światowego lidera masowej ochrony środowiska wszędzie i wszelkimi metodami, w tym poprzez wykorzystanie informatyki wraz z metodami inteligentnego zarządzania.

Spółeczeństwo polskie jest coraz bardziej świadome potrzeby tworzenia programów i systemów zintegrowanego inteligentnego zarządzania środowiskiem. Będąc członkiem Unii Europejskiej realizuje również ambitny zamiar tworzenia innowacyjnych informacyjnych społeczeństw wiedzy z proekologicznymi gospodarkami opartymi na wiedzy.

Unia Europejska tworzy Jednolitą Przestrzeń Informacyjną (SEIS), w której ramach istnieje Jednolita Przestrzeń Informacyjna Środowiska (SISE) a także Jednolita Przestrzeń Dzielenia się Danymi, Informacją i Wiedzą w zakresie Środowiska. W rezultacie zmian klimatycznych obywatele UE i ich środowisko stoi przed serią zmian o wielkim ryzyku: pożary lasów, powodzie, sztormy, trzęsienie ziemi, erupcja wulkanów. Liczba ofiar i strat ekonomicznych w wyniku klęsk zwiększa się a zasięg klęsk nie respektuje granic krajowych. W wyniku tego rządy, różne instytucje obrony cywilnej i służby zdarzeń nadzwyczajnych zależą coraz więcej od zintegrowanych systemów informacyjnych, do których zwracają się w różnych fazach Ryzyka i Zarządzania Kryzysowego, w warunkach złożonych, wielowymiarowych scenariuszy ryzyka.

Sprawą wręcz pilną stało się opracowanie zintegrowanych modeli, systemów zarządzania środowiskiem. Obecnie opracowywane modele zarządzania dotyczą jedynie wybranych podsystemów środowiska: zarządzania w obszarze zanieczyszczeń atmosferycznych, zarządzania zasobami wodnymi oraz zarządzania w warunkach ryzyka i zdarzeń nadzwyczajnych.

Wydaje się, że przyszły rozwój modeli na potrzeby zarządzania środowiskiem powinien iść w kierunku tworzenia modeli a później systemów informatycznych kompleksowych, zintegrowanych i inteligentnych, obejmujących swym działaniem cały złożony system środowiskowy.

Inteligentne zarządzanie środowiskiem wymaga zastosowania metod i narzędzi sztucznej inteligencji. Takich jak systemy ekspertowe, sieci neuronowe, czy maszynowe uczenie.

## 2. Założenia modelu inteligentnego zarządzania środowiskiem

Tworzenie modelu wspomagającego zarządzanie środowiskiem polega – w planowanym ujęciu – na opracowaniu modeli matematycznych i algorytmów oraz metod przetwarzania danych, informacji i wiedzy w sposób inteligentny, realizujących zadania wykonywane obecnie przez użytkownika, stworzeniu mechanizmów bezpiecznej wymiany informacji pomiędzy różnymi algorytmami oraz zapewnieniu wybranym użytkownikom jednolitej formy dostępu do jego funkcji.

Opracowywany model składa się z czterech podmodeli: zbierania, archiwizacji i przetwarzania danych oraz udostępniania informacji. Został on opracowany na potrzeby systemu informacyjnego Inspekcji Ochrony Środowiska Ekoinfonet II (Rys. 1) (Rojek, 2007). Model ten opiera się na danych z bazy danych, wiedzy, modeli i metod. Opracowany model może być następnie zastosowany w zintegrowanym systemie inteligentnego zarządzania środowiskiem. System ten w inteligentny sposób poprzez Internet będzie udostępniał dane (inteligentne wyszukiwanie), informacje i wiedzę oraz generował raporty i sprawozdania. Model będzie wizualizowany poprzez mapy wykorzystujące Geograficzny System Informacyjny (GIS).

### 2.1. Model zbierania danych

Ekoinfonet II musi uwzględniać rozproszoną strukturę organizacyjną Inspekcji Ochrony Środowiska, w skład której wchodzi Główny Inspektorat Ochrony Środowiska i Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska, którym podlegają delegatury. Wojewódzkie inspektoraty i ich delegatury, jednostki organizacyjne Inspekcji Sanitarnej, oraz instytuty naukowe i uczelnie współpracujące z IOŚ wykonują pomiary jakości komponentów środowiska zgodnie z zatwierdzonymi programami pomiarowymi. Docelowo przewiduje się możliwość wprowadzania danych pomiarowych uzyskiwanych w ramach zatwierdzonych programów pomiarowych przez jednostki prowadzące działalność gospodarczą, organy samorządu terytorialnego oraz pomiary i obserwacje wykonywane przez pozarządowe organizacje ekologiczne, których jakość i wiarygodność zostanie zaakceptowana przez GIOŚ.

Dla niektórych komponentów środowiska, np. dla pomiarów jakości powietrza czy wody w rzekach, pomiary wykonywane są w poszczególnych województwach przez WIOŚ i ich delegatury, jednostki organizacyjne Inspekcji Sanitarnej oraz instytuty naukowo-badawcze. W takim przypadku odpowiednia baza danych będzie miała strukturę rozproszoną, złożoną z baz wojewódzkich i bazy centralnej. Z

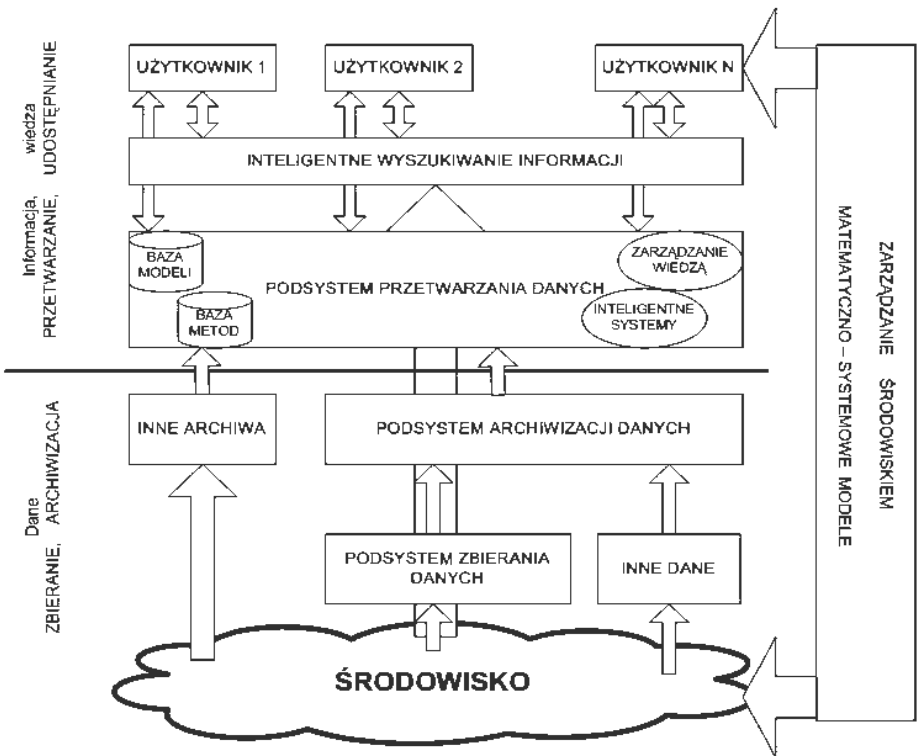
wyjątkiem przypadków, gdy dane będą wykorzystywane w trybie bieżącym (on-line) proponuje się, by bazy wojewódzkie były zintegrowane z bazami centralnymi, gwarantując jednak WIOŚ-om wygodny dostęp do swoich danych za pomocą sprawnej korporacyjnej sieci teletransmisji danych. Bazy źródłowe, które służą do tymczasowego gromadzenia danych wprost z systemów pomiarowych (przed zapisaniem do baz docelowych) będą lokalizowane razem z bazami docelowymi. Wojewódzkie bazy danych mogą być umieszczone na serwerach wojewódzkich zlokalizowanych w WIOŚ lub na serwerze centralnym. Dla każdego z komponentów środowiska, wymagających utworzenia wojewódzkiej bazy danych w każdym z WIOŚ lub instytucie współpracującym wyznaczy się merytorycznego pracownika (administratora) odpowiedzialnego za wprowadzanie danych do tej bazy. Tylko ustanowiony administrator będzie miał prawo wprowadzać dane do bazy wojewódzkiej. Administrator będzie dokonywał weryfikacji wyników badań stanu środowiska i dlatego zostanie upoważniony do kontaktów z osobami dostarczającymi dane pomiarowe w celu ewentualnego wyjaśnienia prawidłowości przekazanych danych. W przypadku wątpliwości co do prawidłowości przekazanych danych pomiarowych administrator wojewódzkiej bazy danych po konsultacji z administratorem krajowej bazy danych i przedstawicielem instytutu sprawującego nadzór merytoryczny nad danym podsystemem będzie mógł zakwestionować niewiarygodną serię pomiarową i nie wprowadzać tych danych do zasobów. Dane, które będzie otrzymywał administrator mogą pochodzić z różnych źródeł w zależności od mierzonego komponentu środowiska. Mogą to być np. bazy źródłowe związane ze stacjami automatycznymi do pomiaru stężeń zanieczyszczeń w powietrzu lub bazy źródłowe laboratoriów, gdzie oznacza się stężenia zanieczyszczeń wody w przekrojach pomiarowych w rzekach.

Okresowo, z częstotliwością właściwą dla danego komponentu środowiska wojewódzkie bazy danych będą kopiowane do centralnej bazy danych, która będzie utrzymywana przez GIOŚ. Taka baza danych będzie nadzorowana przez administratora, którym będzie pracownik merytoryczny GIOŚ, lub przez upoważnionego przez GIOŚ pracownika uczelni lub instytutu naukowo-badawczego sprawującego nadzór merytoryczny nad poszczególnymi podsystemami. Zakłada się, że dla każdego podsystemu PMS zostanie ustanowiony administrator bazy danych. Inne zagadnienia merytoryczne, w szczególności związane z interpretacją wyników przetwarzaniem danych będą powierzone konsultantowi merytorycznemu z instytutu naukowo-badawczego lub z placówki współpracującej z GIOŚ. Centralna baza danych zlokalizowana zostanie w GIOŚ, a dokładniej w Centralnym Systemie Komputerowym IOŚ (CSK IOŚ). Zakłada się, że jej poszczególne elementy, obejmujące dane gromadzone w poszczególnych komponentach środowiska nie będą dublowane w jednostkach naukowo-badawczych sprawujących nadzór merytoryczny przy jednoczesnym zapewnieniu pełnego dostępu do zgromadzonych wyników badań.

W przypadkach komponentów środowiska, dla których pomiary i obserwacje prowadzone są jedynie w sieci krajowej (np. zintegrowanego monitoringu środowiska przyrodniczego czy monitoringu lasów), lub też rejestr decyzji podejmowanych centralnie, utrzymywana będzie wyłącznie baza scentralizowana. Sposób jej organizacji będzie zależał od komponentu środowiska lub procedur decyzyjnych. Również i w tym przypadku zwraca uwagę umiejscowienie administratora bazy danych, który

jest jedyną osobą mającą uprawnienia modyfikacji jej zawartości. Administratorem może być osoba pełniąca również funkcje konsultanta merytorycznego. Istotne jest, że uprawnienia modyfikacji państwowego zasobu informacyjnego nadaje GIOŚ po spełnieniu określonych wymagań.

Model zbierania danych będzie zawierał metody pozyskiwania danych przy pomocy urządzeń pomiarowych, obserwacji elementów środowiska lub też drogą poboru prób i wykonywania analiz w laboratorium. Dane dotyczące działalności urzędów Inspekcji będą wprowadzane przez osoby odpowiedzialne za kolejne kroki procedury administracyjnej. W przypadku Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS) dla każdego komponentu środowiska opracuje się procedurę wprowadzania danych do komputera zgodnie z generalną zasadą, że dana powinna być zapamiętana w systemie na jak najwcześniejszym etapie procedury pomiarowej. Elementem tego podsystemu będzie weryfikacja otrzymanych wyników. Zweryfikowane wyniki pomiarów i obserwacji przesłane zostaną do archiwum. W archiwum znajdują się również i inne dane, które nie są mierzone w ramach programów pomiarowych Państwowego Monitoringu Środowiska. Należą do nich np. niektóre dane o emisjach, o przepływach w rzekach, dane meteorologiczne itp.



Rys. 1. Ogólny schemat Ekoinfonetu II

## 2. 2. Model archiwizacji danych

Model archiwizacji danych będzie zawierał metody i algorytmy archiwizacji danych oraz elektroniczne bazy danych, w których wszystkie dane zbierane w urządzeniach Inspekcji Ochrony Środowiska (IOŚ) będą zapamiętane. Bazy danych utworzą Krajowe Repozytorium Danych Inspekcji Ochrony Środowiska (KRDIOS). To państwowe archiwum powinno mieć docelowo wysoką rangę prawną określoną w ustawie o Inspekcji Ochrony Środowiska oraz w ustawie o ochronie środowiska, jako podstawowe autorytatywne źródło danych o środowisku, których jakość jest gwarantowana przez Państwo.

## 2. 3. Model przetwarzania danych

Przetwarzanie danych dokonywane będzie zgodnie z potrzebami użytkowników Ekoinfonetu II. Zadaniem podsystemu przetwarzania będzie przygotowanie danych i wiedzy dla aplikacji, uruchomienie aplikacji i zapamiętanie wyników do dalszego przetwarzania lub prezentacji.

Model przetwarzania danych będzie składał się z baz danych, modeli, metod, scenariuszy, wiedzy oraz systemów inteligentnego przetwarzania danych wraz z systemami pozyskiwania wiedzy, wykorzystujących maszynowe uczenie i inne techniki sztucznej inteligencji, których zadaniem będzie przetwarzanie danych zgromadzonych w archiwum w informację oraz wiedzę, jaka jest wymagana przez użytkowników. Wymagania te mogą wynikać z obowiązującego prawa, z procedur wynikających ze współpracy międzynarodowej, z polityki informacyjnej resortu i wreszcie z potrzeb użytkowników. Przykładem są statystyki poziomów stężeń zanieczyszczeń atmosfery czy wód powierzchniowych, analiza danych przy pomocy modeli statystycznych i opartych na prawach fizyki oraz prognozy. Aplikacje mogą korzystać z innych archiwów i baz danych, np. danych meteorologicznych niezbędnych do modelowania matematycznego jakości powietrza. Ważnym elementem tego podsystemu będzie Geograficzny System Informacyjny (GIS) do przetwarzania danych z uwzględnieniem ich położenia.

Na podstawie baz danych tworzone będą bazy modeli, metod i scenariuszy wspomagających podejmowanie decyzji. Dane, informacje i wiedza będą przechowywane w postaci baz modeli, metod i scenariuszy wspomagających podejmowanie decyzji w rozproszonej sieci na wielu komputerach, udostępniane poprzez sieć semantyczną w Internecie, która umożliwi inteligentne wyszukiwanie.

Gromadzone, pamiętane i wyszukiwane dane środowiskowe są przekształcalne dzięki technikom baz danych, chociaż przetwarzanie danych środowiskowych dotyczy obszaru modelowania. Dane są użyte do generowania informacji. Model może być prosty tak jak zapytanie bazodanowe, ale to może być też złożony matematyczny algorytm, rozwiązujący zbiór częściowych równań różniczkowych w przestrzennej i temporalnej dziedzinie. W ten sposób tworzone będą bazy modeli (Rizolli i in., 2007). Dane do postaci informacji i wiedzy powinny być przetwarzane

przy pomocy różnych technik informatycznych, a mianowicie: GIS, systemy eksper-  
towe, systemy case-based reasoning, oprogramowanie do analizy statystycznej,  
algorytmy klasyfikacji danych, narzędzia symulacji i algorytmy optymalizacji, ma-  
szynowe uczenie, techniki sztucznej inteligencji, platformy i oprogramowanie szkie-  
letowe oraz oprogramowanie komponentowe do tworzenia aplikacji użytkowników  
końcowych.

Bazy modeli przechowują modele lub informacje o modelach (Kwiatkowska,  
2007). W zależności od potrzeb mogą być wykorzystane różnorodne modele. Pod-  
ziały modeli mogą być następujące:

- modele liniowe i nieliniowe; model jest liniowy, gdy sygnał wyjściowy zależy liniowo od sygnału wejściowego, pozostałe modele to modele nieliniowe;
- modele ciągłe lub dyskretne w czasie; modele dyskretne w czasie opisują zależ-  
ności w wyizolowanych punktach czasowych;
- modele deterministyczne i stochastyczne; w modelach deterministycznych wy-  
jście może być dokładnie wyliczone na podstawie stanu wejścia; w modelach  
stochastycznych nie jest to możliwe ze względu na składnik losowy, uniemoż-  
liwiający przeprowadzenie dokładnych obliczeń;
- modele autonomiczne i nieautonomiczne; w modelach autonomicznych system  
jest izolowany od wszelkich działań ze strony swojego otoczenia; model nieau-  
tonomiczny znajduje się pod wpływem otoczenia i posiada zmienne wejściowe,  
których wartości nie są przez model kontrolowane.

Zadaniem bazy modeli jest umożliwienie użytkownikowi wykorzystania  
przygotowanych modeli bez tworzenia ich. Często baza modeli współpracuje z bazą  
danych, co pozwala na wielokrotne wykorzystanie, nawet w różnych modelach, raz  
wprowadzonych i zapamiętanych w bazie danych. Ważną rolę odgrywa także baza  
wiedzy, której zadaniem jest podpowiadanie użytkownikowi, jakich modeli może  
użyć, bądź, jakie dane są mu potrzebne. Konieczność umieszczenia modelu w tabeli  
bazy danych wymaga sformalizowania jego opisu.

Bazy modeli mogą mieć różne zadania, co pociąga za sobą trochę inną struk-  
turę bazy i zawartość informacyjną. Podstawą tego podziału jest jakość informacji,  
jaką można z bazy pozyskać. Pierwsza grupa to informacyjne bazy modeli. Nacisk  
położony jest na informację o modelach i ich możliwościach, a nie na samo wyko-  
rzystanie modelu. Są to bazy opisowe, mające za zadanie poinformowanie decyden-  
ta o istniejących modelach i źródłach informacji o nich. Systemy, które takie bazy  
zawierają, służą do wskazania grupy modeli możliwych do zastosowania w wybra-  
nych warunkach. Użytkownika mogą interesować informacje o problemach, jakie  
model rozwiązuje, gdzie można go znaleźć oraz w jakiej formie jest dostępny. Za-  
daniem elementów decyzyjnych może być dobranie modelu do rozwiązywanego  
problemu. Taka baza może być zbudowana za pomocą prostego SZBD, w oparciu o  
nieskomplikowane tabele. Informacje, jakie powinny być zamieszczone w takiej  
bazie, można podzielić na kilka tematycznych bloków:

- blok opisowy, zawierający nazwę modelu, nazwę i adres twórców oraz nazwę i  
adres firmy zajmującej się dystrybucją,

- zastosowane techniki i metody,
- współdziałanie z innymi modelami,
- implementacja komputerowa,
- udokumentowane zastosowania.

Wynikiem współpracy z taką bazą modeli powinna być lista modeli odpowiadających wymaganiom użytkownika.

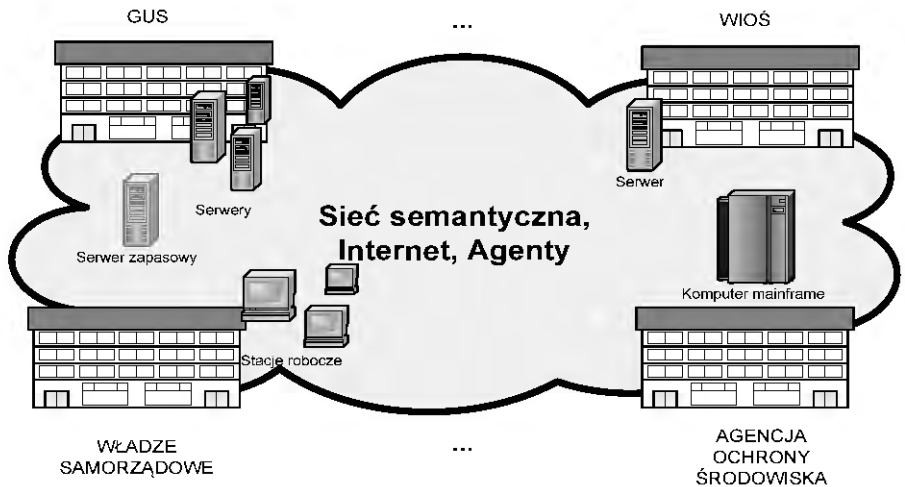
Drugi rodzaj baz to aplikacyjne bazy modeli z zamieszczonymi w nich modelami do natychmiastowego wykorzystania. Są one rozszerzeniem poprzedniego typu baz. Poza informacjami w samej bazie najczęściej dołączone są zewnętrzne pliki - programy, realizujące modele. W polach tabel znajdują się wskazania do plików, a specjalne procedury obsługi baz pozwalają na uruchamianie programów i wykorzystywanie danych zawartych w odpowiednich polach tabeli. Bardzo często są to bazy modeli dotyczących konkretnego zagadnienia, pozwalających na zastosowanie różnych wersji tego samego modelu.

Bazy metod i scenariuszy zarządzania środowiskiem zawierają informacje o metodach służących do rozwiązania określonych problemów środowiskowych. Taka baza byłaby dostępna w sieci Internet, w przypadku ogólnym jako baza rozproszona. Korzystanie z takiej bazy umożliwiłoby inteligentny system, w szerszym zakresie – system wielo-agentowy. Użytkownik korzystałby z takiego systemu jak z systemu ekspertowego, który dla podanego problemu potrafiłby znaleźć odpowiednią metodę rozwiązania, wyjaśniając jednocześnie podjętą przez system decyzję. Ponadto system mógłby uruchamiać program, realizujący wybrany algorytm, a zatem podawać też rozwiązanie problemu. W przypadku istnienia alternatywnych metod rozwiązania tego samego zadania można rozważać systemy wielo-ekspertowe, czyli uwzględniać opinie wielu ekspertów (Rutkowska, 2004). Bazy metod byłyby przedstawicielem tzw. inteligentnych baz danych, łączących w sobie klasyczne bazy danych i techniki sztucznej inteligencji. Internetowe bazy danych powinny być bazami inteligentnymi, czyli wyposażonymi w mechanizmy inteligentnego zarządzania, z elementami dedukcji, umożliwiającymi wnioskowanie i optymalne wykorzystanie informacji zawartej w danych.

Pomysł utworzenia bazy metod jest wynikiem istniejącej często potrzeby znalezienia odpowiedniej metody dla rozwiązania jakiegoś problemu. Jednocześnie wiadomo, że można znaleźć wiele różnych metod, wraz z licznymi ich modyfikacjami, których zastosowanie w danym problemie jest uzasadnione. Warto wykorzystać kilka metod i porównać otrzymane rezultaty.

Baza metod powinna być internetową, rozproszoną bazą inteligentną, wyposażoną w odpowiednie mechanizmy inteligentnego zarządzania, z możliwością wnioskowania i podejmowania decyzji. Dlatego przy konstrukcji takiej bazy należy uwzględnić zastosowanie systemów inteligentnych, z punktu widzenia sztucznej inteligencji. W sieci Internet z pewnością przydatne byłoby wykorzystanie tak zwanych inteligentnych agentów i systemów wielo-agentowych.

Koncepcję organizacji przetwarzania informacji w systemie informatycznym EkoInfonet II przedstawiono na Rys. 2. Wiedza, modele, metody, scenariusze, informacje, dane powinny być udostępniane przez Internet, który zawiera wiele źródeł informacji środowiskowych. W celu wyszukania informacji obecnie potrzebujemy ludzkiej interwencji do zweryfikowania i przygotowania informacji. Obecnie Internet jest przygotowany dla ludzkiej konsumpcji, a nie maszynowej. Dlatego proponuje się sieć semantyczną, która może to zmienić, ułatwi przeszukiwanie sieci komputerom. Celem sieci semantycznej jest umożliwienie automatycznego i sensownego działania wewnętrznego między operacjami program użytkowy - użytkownik i program użytkowy - program użytkowy. Dla dwu różnych modeli środowiskowych umieszczonych na różnych komputerach w różnych lokalizacjach uruchamia i wymienia dane jako typowa aplikacja program użytkowy- program użytkowy. Internet ma pomóc w realizacji koncepcji, że środowiskowy software i dane mają być ewentualnie dzielone i dostępne jako usługi. Przetwarzanie będzie odbywać się zarówno centralnie, jak i w ośrodkach wojewódzkich.



Rys. 2. Organizacja przetwarzania i wyszukiwania danych, informacji, wiedzy, modeli

#### 2.4. Model udostępniania danych, informacji i wiedzy

Model udostępniania informacji będzie odpowiadał na potrzeby użytkowników systemu, którymi są: Inspekcja Ochrony Środowiska (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska i Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska), administracja publiczna różnych szczebli, społeczeństwo i GUS. Podsystem ten w inteligentny sposób poprzez Internet będzie udostępniał dane (inteligentne wyszukiwanie), informacje i wiedzę oraz generował będzie raporty i sprawozdania wynikające ze zobowiązań międzynarodowych Polski (konwencje, OECD, EUROSTAT). Ponadto podsystem ten będzie udostępniał informacje o stanie środowiska dla potrzeb nauki, dydaktyki, mediów, itp. Informacja dotycząca działalności administracyjnej



urzędów IOŚ, należące do dostępnych publicznie rejestrów decyzji będzie dostępna w Biuletynie Informacji Publicznej. Istotnym elementem podsystemu będzie metabaza umożliwiająca wyszukiwanie informacji. Odwołując się do metabazy użytkownicy będą mogli uzyskać „informację o informacji”, o twórcach informacji o środowisku, o tym jakie wielkości są mierzone, jakie są aktualnie obowiązujące programy pomiarowe, jakie dane historyczne o elementach środowiska zostały zgromadzone w systemie, o metodach pomiarowych, o systemie przeciwdziałania poważnym awariom, o danych gromadzonych w wyniku działalności kontrolnej, itp.

Sposób udostępniania informacji zależy od użytkownika systemu informacyjnego. Bardzo ważnym użytkownikiem informacji jest szeroko rozumiana opinia publiczna. Są to zarówno osoby indywidualne chcące dowiedzieć się np. jaki jest stan czystości odcinka rzeki, nad którą zamieszkują, jak również pozarządowe organizacje ekologiczne zainteresowane trendami np. zmian zanieczyszczenia powietrza SO<sub>2</sub> na terenie Województwa Śląskiego w przeciągu ostatnich pięciu lat. Informacja będzie udostępniana w postaci stron WWW portalu informacyjnego SI IOŚ, raportów (dynamicznych i statycznych), plików (np. warstw GIS) oraz aplikacji.

Portal będzie umożliwiał prezentację informacji o środowisku w układzie geograficznym oraz w układzie komponentów środowiska. Kluczem do pierwszego układu będzie strona zawierająca mapę Polski z podziałem na województwa. Wybór województwa spowoduje wyświetlenie strony internetowej odpowiedniego WIOŚ i dalsza prezentacja będzie dotyczyć informacji o tym województwie. Wybór komponentu środowiska (np. wody powierzchniowe) pozwoli na wyświetlenie informacji o tym komponentie środowiska (np. o stanie jakości rzek, jezior, zbiorników zaporowych, odcinków przyujściowych rzek i Bałtyku). W obu układach, wszędzie tam, gdzie to potrzebne informacja będzie przedstawiona na mapach z zastosowaniem technik GIS.

W odniesieniu do Internetu, warto również wspomnieć o inteligentnych wyszukiwarkach internetowych. W związku z ogromną ilością informacji dostępnej w Internecie, użytkownicy oczekują, aby systemy wyszukiwania posiadały pewien stopień „inteligencji”. Wobec tego wyszukiwarki internetowe należy wyposażać w mechanizmy sztucznej inteligencji. Bardzo przydatne w takich systemach wyszukiwania informacji w Internecie jest wykorzystanie logiki rozmytej w procesie wnioskowania. Również standaryzacja formatu danych z bogatą semantyką ma być kluczem umożliwiającym zaawansowane usługi komputerowe w sieci Web. Jako technologia mają zostać zastosowane inteligentne agenty, do inteligentnego wyszukiwania. Nowe typy modeli i danych środowiskowych powinny być rozmieszczone jako usługi. Organizowanie usług jest kluczem do integrowania modeli. Budowanie bardziej złożonych modeli może być rozmieszczone jako usługi. Dla rozmieszczenia modeli są dostępne rozwiązania technologiczne jako: usługi sieciowe, softwarowe agenty oraz obliczenia grid. Sieć semantyczna może serwować jako infrastrukturę dla rozmieszczenia modeli i danych środowiskowych środowisko otwarte, gdzie modele i dane środowiskowe są rozmieszczone jako usługi.

### 3. Podsumowanie

Nowoczesne systemy inteligentnego zarządzania środowiskiem, oprócz klasycznych systemów ekspertowych, jakie dominują w dziedzinie sztucznej inteligencji, zawierają też sieci neuronowe, systemy rozmyte oraz algorytmy genetyczne (ewolucyjne). Istnieje obecnie tendencja do tworzenia systemów hybrydowych, w których występują różne kombinacje wymienionych wyżej metod sztucznej inteligencji. Takie hybrydowe połączenie pozwala na wykorzystanie zalet poszczególnych metod, eliminując wady, jakie posiada każda z nich stosowana niezależnie. W systemach inteligentnych metody te umożliwiają próbę naśladowania ludzkiego sposobu rozumowania, w którym występują reguły typu JEZELI-TO oraz wiele pojęć nieprecyzyjnych.

Opracowanie modelu inteligentnego zarządzania środowiskiem oraz wprowadzenie tego modelu do inteligentnego systemu zarządzania środowiskiem pozwoli w nowoczesny sposób zarządzać środowiskiem oraz je chronić. Inteligentne zarządzanie w takim systemie może być wspomagane poprzez inteligentną wyszukiwarkę, inteligentne systemy wnioskujące, a także systemy wielo-agentowe.

W otwartej infrastrukturze w postaci sieci semantycznej agencje środowiskowe, instytuty badawcze, przemysł mają dostęp do dzielonych modeli i danych, traktując środowiskowe informacje jako wspólne dobro. Żeby utworzenie takich usług było możliwe należy ustalić wspólne specyfikacje dotyczące interfejsu usług (metod i technik dla upublicznienia usług, modelu wejścia i wyjścia, specyfikacji parametrów). Tego typu podejście utoruje drogę do najbliższej przyszłości, gdzie środowiskowe dane i modelowane zasoby rozproszone w sieci będą widziane jako jednolity obliczeniowy grid.

Dalsze badania powinny iść w kierunku uszczegółowienia metod, modeli, struktur baz danych, baz wiedzy oraz procedur i aplikacji inteligentnego systemu zarządzania środowiskiem.

### Literatura

- Kwiatkowska A. (2007) *Systemy wspomaganie decyzji, Jak korzystać z wiedzy i informacji*. PWN, Warszawa.
- Rizolli A. E., Athanasiadis I. N., Villa F. (2007) Delivering Environmental Knowledge : a Semantic Approach. In: *21st conference Informatics for Environmental Protection ENVIROINFO 2007. Environmental Informatics and Systems Research*, O. Hryniewicz, J. Studziński, M. Romaniuk, red., 1, Shaker Verlag, Aachen, 43-50.
- Rojek I. (2007) Ogólna koncepcja SI IOŚ EKOINFONET II. W: Studziński J., Straszak A. *Ekspertyza IBS PAN dla GIOŚ*, Warszawa.
- Rutkowska D. (2004) Internetowa baza metod i systemy inteligentne. W: *Materiały IV Krajowej Konferencji Multimedialne i sieciowe systemy informacyjne MISSI 2004*, Wrocław, [www.zsi.pwr.wroc.pl/zsi/missi2004/pdf/Rutkowska%20Danuta.pdf](http://www.zsi.pwr.wroc.pl/zsi/missi2004/pdf/Rutkowska%20Danuta.pdf)

IBS PAN *Konf.*

46003

Bibl. podręczna

**Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński  
red.**

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:  
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZESTRZEŃ,  
OPTYMALIZACJA**

Książka składa się z artykułów przedstawiających wyniki prac z dziedziny badań operacyjnych i systemowych, poświęconych środowisku naturalnemu i zarządzaniu nim, zwłaszcza w zakresie ochrony atmosfery, globalnego ocieplenia i walki z nim, jakości i zaopatrzenia w wodę. Tematyka ta jest rozszerzona o aspekty przestrzenne, regionalne i samorządowe, a także planowanie i funkcjonowanie infrastruktury. Tom zamykają prace metodyczne, dostarczające technik, będących podstawą prezentowanych zastosowań.

**ISBN 83-894-7519-7**

**EAN 9788389475190**

---

---

**Instytut Badań Systemowych PAN**

**tel. (4822) 3810241 / 3810273 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl**