

Mgr Maria Meler-Kapcia
Prof. dr hab. Zbigniew Kowalski
Dr inż. Stefan Zieliński
Politechnika Gdańska

WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA AUTOMATYKI SIŁOWNI STATKU PRZY ZASTOSOWANIU METODY CBR

W referacie zaprezentowano metodologię CBR (wnioskowania na podstawie przypadków) zastosowaną w systemie ekspertowym wspomaganie projektowania automatyki okrętowej na podstawie informacji o statkach zbudowanych oraz modelu dziedzinowego.

AIDED DESIGNING OF SHIP'S AUTOMATION WITH APPLICATION OF THE CBR METHOD

The paper presents CBR method (case based reasoning) was implemented in an expert system for aided design of ship's automation on the basis of other designs of existing ships and of a domain model.

1. WSTĘP

Projektowanie statku jest wieloetapowym, złożonym procesem. Ostra konkurencja w okrętownictwie zmusza projektantów do maksymalnego skracania czasu projektowania, a jednocześnie do uzyskania projektu o należytej jakości. Współczesne projektowanie wymaga efektywnych działań poprzez stosowanie najnowszych technik informatycznych. Ważnym etapem w tym procesie jest etap początkowy obejmujący projekt koncepcyjny i kontraktowy, w którym określa się główne parametry statku, a także jego cenę. Niedoskonałości i błędy popełnione w tym etapie mogą mieć poważne skutki techniczne i ekonomiczne zarówno w budowie, jak i w eksploatacji statku. Z tego względu, przy projektowaniu nowego statku, ważne jest wykorzystanie informacji dotyczących projektów już wykonanych.

Jest to możliwe przy zastosowaniu metod sztucznej inteligencji, a w szczególności metody wnioskowania na podstawie przypadków (ang. Case-Based Reasoning – CBR), systemów ekspertowych oraz relacyjnej bazy danych z inteligentnym interfejsem.

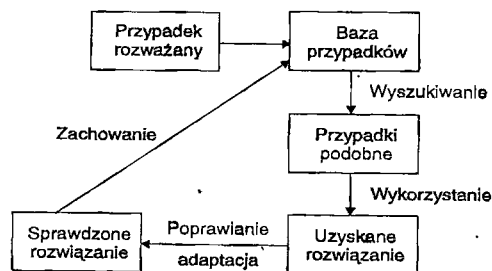
Do realizacji metody CBR opracowano aplikację przeznaczoną do wspomaganie projektowania automatyki okrętowej przy zastosowaniu systemu ekspertowego Exsys Developer we współpracy z bazą danych Access.

2. METODA WNIOSKOWANIA NA PODSTAWIE PRZYPADKÓW

Metoda wnioskowania na podstawie przypadków stanowi stosunkowo nowy sposób rozwiązywania problemów dotyczących baz danych i baz wiedzy, który polega na generowaniu rozwiązań nowych problemów przez zaadoptowanie rozwiązań zastosowanych w przeszłości w podobnych sytuacjach. W tym celu obliczane jest podobieństwo między nowym i każdym przechowywanym przypadkiem. Uzyskane przybliżone rozwiązanie może podlegać adaptacji za pomocą reguł systemu ekspertowego, algorytmu genetycznego lub poprzez bezpośredni udział eksperta [6]. Obszar zastosowań tej metody jest szeroki i może obejmować np. diagnozowanie, klasyfikację, wspomaganie podejmowania decyzji, planowanie, projektowanie itp. Po zdefiniowaniu problemu - rozważanego przypadku, zastosowanie omawianej metody sprowadza się do 4-etapowego cyklu następujących czynności [1]:

- wyszukanie w bazie danych przypadków rozwiązań zrealizowanych podobnych do przypadku rozwiązywanego,
- wykorzystanie znalezionej odpowiedzi wraz z ewentualną jej adaptacją, weryfikacja opracowanego rozwiązania,
- zapamiętanie uzyskanego rozwiązania w bazie danych (przypadków).

• Cykl ten schematycznie został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat cyklu metody wnioskowania na podstawie przypadków

W etapie pierwszym wykorzystuje się miarę podobieństwa rozważanego przypadku i poszczególnych przypadków w bazie danych. Najczęściej jako miarę podobieństwa przyjmuje się funkcję określoną na wartościach wytypowanych atrybutów (cech) charakteryzujących rozpatrywane przypadki. Poprawianie uzyskanego rozwiązania realizowane jest w różny sposób. Można tu wykorzystać reguły systemu ekspertowego, metody optymalizacji w tym algorytmy genetyczne, a także bezpośredni udział eksperta.

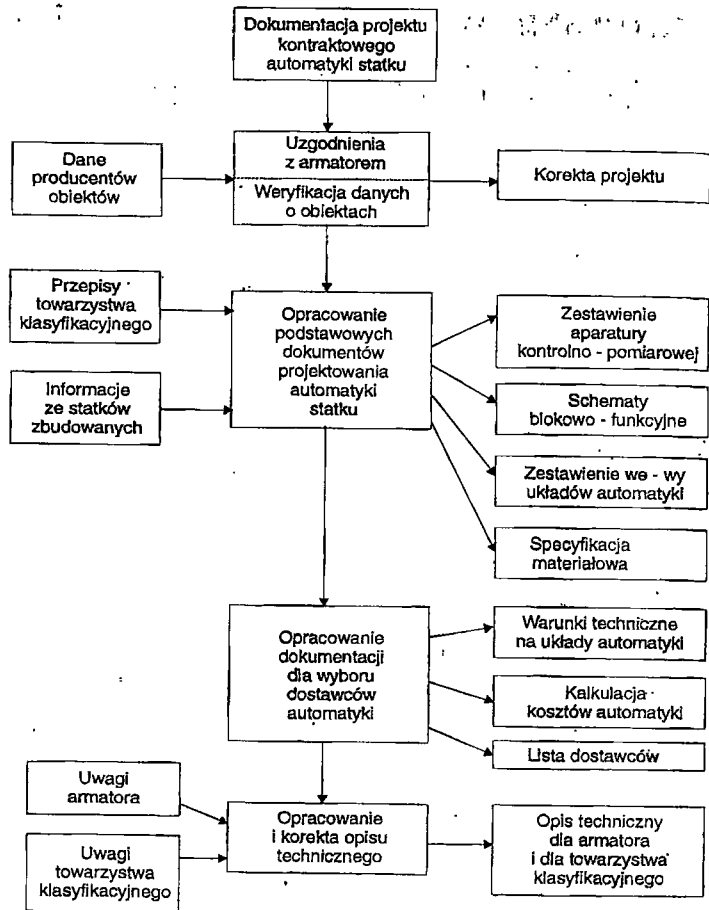
3. PROJEKTOWANIE AUTOMATYKI OKRĘTOWEJ

W jedną z dziedzin projektowania, wymagających stworzenia nowoczesnych narzędzi programowych, jest projektowanie automatyki - integrującej różne systemy i obszary funkcjonalne statku. Projektowanie układów automatyki statku jest procesem pracochłonnym i złożonym. Zaprojektowanie i integracja układów automatyki statku wymaga przeanalizowania dużej ilości informacji, dotyczących różnych systemów i obiektów czerpanych z wielu źródeł i zebranie ich w jeden lub kilka zintegrowanych układów sterowanych komputerowo. Operowanie tak dużą ilością nieustannie rosnących informacji wymagających uwzględnienia bardzo wielu różnorodnych czynników, staje się procesem coraz bardziej pracochłonnym i złożonym. Wynika to z następujących względów:

- systemy energetyczne instalowane na statku składają się z wielu podsystemów silnie wzajemnie powiązanych,
- nieprawidłowa praca tych systemów zagraża bezpośrednio bezpieczeństwu statku,
- układy automatyki spełniają różnorodne funkcje i składają się z wielu typów elementów i urządzeń,
- elementy i układy automatyki oferowane przez poszczególne firmy dla nowoczesnych statków ulegają ciągłym zmianom z powodu rosnących wymagań i szybkiego rozwoju technologii,
- w procesie projektowania winno się uwzględniać charakterystyki systemów energetycznych i obszerną wiedzę z zakresu automatyki i informatyki,
- proces projektowania musi uwzględniać wymagania towarzystw klasyfikacyjnych, konwencji międzynarodowych oraz życzenia armatora, a także możliwości stoczni i dostawców wyposażenia,
- proces ten jest ponadto skorelowany z procesem projektowania całego statku i powinien być zrealizowany w określonym i możliwie krótkim czasie.

Na rys. 2 przedstawiono uproszczony schemat procesu projektowania układów automatyki statku w zakresie projektu technicznego.

Schemat ten ujmuje kolejność wykonywanych zadań oraz prezentuje główne źródła informacji (dokumenty wejściowe), a także dokumenty wyjściowe, stanowiące wynik procesu projektowania, które tworzone są przy zastosowaniu metody wnioskowania na podstawie przypadków w opracowanym systemie ekspertowym wspomagania projektowania automatyki [2].



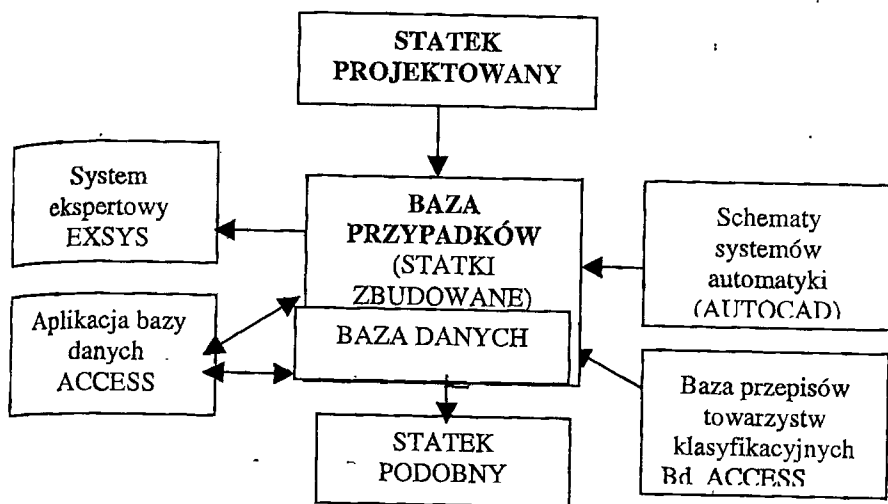
Rys. 2. Schemat blokowy procesu projektowania układów automatyki statku

4. ZASTOSOWANIE WNIOSKOWANIA NA PODSTAWIE PRZYPADKÓW W PROJEKTOWANIU AUTOMATYKI SIŁOWNI OKRĘTOWEJ

W opracowanym systemie ekspertowym do wspomaganie projektowania automatyki statku przypadek utożsamiany jest z projektem automatyki i obejmuje: dane ogólne statku i jego automatyki, dane do opisu technicznego automatyki; zestawienie punktów kontrolno-pomiarowych statku oraz schematy blokowo-funkcyjne systemów.

Projekt automatyki utworzony przez aplikację bazy danych Access w oparciu o rozwiązania zastosowane na statkach zbudowanych (przypadek podobny) powstaje we współpracy z systemem ekspertowym Exsys, systemem AutoCAD, oraz aplikacją bazy danych przepisów towarzystw klasyfikacyjnych.

Ogólny schemat struktury opracowanego systemu został przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Ogólny schemat struktury systemu wspomagania

Projekt automatyki może być tworzony w dwojaki sposób:

- na podstawie informacji o statkach zbudowanych przechowywanych w bazie danych
- na podstawie modelu dziedzicznego w przypadku, gdy w bazie danych brak jest dostatecznie podobnych rozwiązań projektowych. Nowy projekt wówczas jest wynikiem samodzielnej pracy projektanta i powstaje na podstawie jego odpowiedzi na pytania systemu ekspertowego.

Zbiór rozpatrywanych cech (parametrów) statków został podzielony na podzbiory odnoszące się do: całego statku, napędu głównego, elektrowni oraz następujących systemów okrętowych (instalacji): paliwa, oleju smarnego, wody słodkiej, wody morskiej, sprężonego powietrza, kotłów i systemu pary, zęzowego, balastowego oraz innych. Wyniki obliczeń podobieństw w zakresie tych podzbiorów określane są jako podobieństwa cząstkowe.

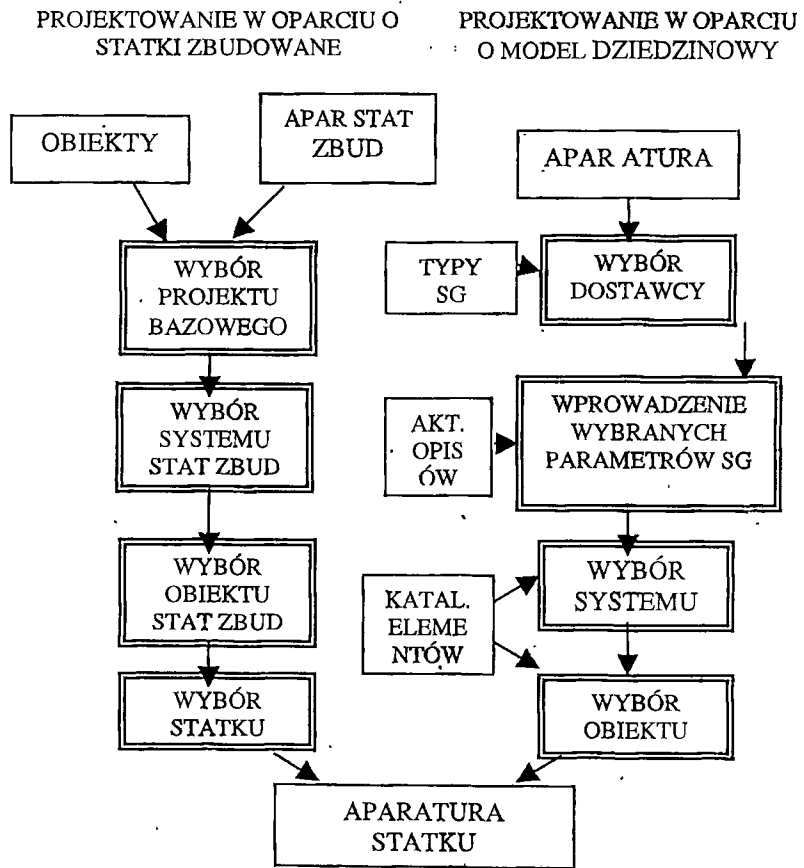
Obliczone podobieństwa w systemie bazy danych przekazywane są do systemu Exsys, gdzie poddawane są rozmyciu wraz z parametrami, których podobieństwo obliczane jest bezpośrednio przy zastosowaniu logiki rozmytej. Z systemu Exsys do bazy danych przekazywane jest wyników maksymalne podobieństwa cząstkowe wraz z identyfikatorami odpowiadających im statków oraz maksymalne podobieństwo sumaryczne statku jako suma podobieństw cząstkowych. Na tej podstawie aplikacja bazy danych wyszukuje dane tego statku jako statku podobnego.

Do realizacji funkcji wykorzystujących informacje o statkach zbudowanych stosowany jest algorytm wyszukiwania statków podobnych na podstawie opracowanych metod obliczania podobieństwa w aplikacji bazy danych oraz logiki rozmytej [3].

Do najważniejszych praktycznych zadań wspomagania projektowania przy zastosowaniu tego algorytmu należą:

- tworzenie opisu technicznego automatyki na podstawie projektów statków zbudowanych,
- dobór aparatury kontrolno-pomiarowej w oparciu o projekty innych statków,
- wyszukiwanie informacji w różnych przekrojach dotyczących automatyki statków zbudowanych wraz z informacją graficzną w postaci schematów wykonaną przy użyciu programu AutoCAD,

Na rys. 4 zostały przedstawione poszczególne etapy procesu projektowania automatyki siłowni przy użyciu aplikacji bazy danych dotyczące doboru aparatury kontrolno-pomiarowej.



Rys. 4. Ogólny schemat projektowania automatyki w systemie bazy danych

- Tabele bazy danych
- Moduły funkcjonalne

5. WYNIKI OBLICZANIA PODOBIENSTWA W REALIZACJI PROJEKTU AUTOMATYKI SIŁOWNI

W celu zilustrowania zastosowanych metod obliczania podobieństwa w aplikacji bazy danych przedstawiono dane do projektowania automatyki dotyczące statków zbudowanych (Tabela 2), jak i statku projektowanego (Tabela 1), a następnie podobieństwa wynikowe Podobieństwo odniesiono tu do cech charakteryzujących słownie statków zbudowanych.

Analizę przeprowadzono na przykładowych danych projektowych.

Tabela 1. Wartości parametrów statku projektowanego

statek	typ statku	wyporność	liczba kont chł	ilość samochodów	tow klas	Klasa automatyki	Liczba SG	Obroty SG	Licz przekł	licz śrub nap	rodz śrub nap
BXXX	masowiec	35000	0	0	BV	AUT	1	100	1	1	stała

cd. Tabeli 1

Liczba ZP1	Typ ZP1	Moc ZP1	Obr ZP1	Licz ZP2	Typ ZP2	Moc ZP2	Obr ZP2	Typ PW	Stocznia	Licz zaw pał	Licz zaw zęz
3	6ATL25H	1000	820,00	2		1200	1000		Gdańska	26	32

Tabela 2. Wartości parametrów statków zbudowanych

Statek	typ statku	wypor-ność	liczba kont chł.	ilość samochodów	tow klas	Klasa aut	Liczba SG	Typ SG	Moc SG	Obroty SG
B191	kontenerowiec	1504	200	100	DNV	AUT	1	6L70 MC	16200	107
B222	masowiec	14800	0	0	LRS	UMS	2	6L46	6300	500
B369	chłodniowiec	9860	60	0	DNV	UMS	1	6RTA 62-R1	11400	102
B500	kontenerowiec	29600	150	120	BV	AUT	1	6RTA 76	17220	104
B501	RO-RO PAS	9760	0	80	DNV	E0	4	8ZAL 40 S	23040	510
B683	masowiec	49000	0	0	DNV	E0	1	5RTA 62 U	8670	102
B684	masowiec	48000	0	0	DNV	E0	1	5S 60 MC	10200	105

cd. Tabeli 2.

Licz przekt	Licz śrub	Rodz śrub	Licz ZP1	Typ ZP1	Moc ZP1	Obr ZP1	Licz ZP2	Typ ZP2	Moc ZP2	Obr ZP2	Typ PW
1	1	stała	3	8S20 H	1160	1 440,00	1	6S20 H	950	1000	
1	1	nast.	3	6L20C	1080	1 000,00	2		1200	920	
2	1	stała	3	6ATL 25H	1000	920,00	1		850	1440	
0	1	stała	4	HCP	1200	920,00	1	6S20 H	1700	800	xxx
2	2	nast.	2	GR 22 HF	1170	1 000,00	2	8R 22 HF	1750	920	
0	1	stała	3	GR 20	920	920,00	2		1300	1000	
2	1	stała	3	KRG-6	1010	2 880,00	1		1260	800	

Tabela 3. Wartości parametrów statku podobnego

Statek	typ statku	wyporność	liczba kont chl	ilość samochodów	tow klas	Klasa aut	Liczba SG	Typ SG	Moc	Obroty
B500	kontenerowiec	29600	150	120	BV	AUT	1	6RTA 76	17220	104

cd. Tabeli 3.

Licz przekt	Licz śrub	Rodz śrub	Licz ZP1	Typ ZP1	Moc ZP1	Obr ZP1	Licz ZP2	Typ ZP2	Moc ZP2	Obr ZP2
0	1	stała	4	HCP	1200	920,00	1	6S20 H	1700	800

cd. Tabeli 3.

Typ PW	Pod wyn OG	Pod wyn NG	Pod wyn EL	Pod inst pal	Pod inst zęz.	Pod wyn instal	Pod sum
xxx	0,56	0,69	0,50	0,98	0,49	0,73	0,62

Cząstkowe podobieństwa wynikowe przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Częstkowe podobieństwa wynikowe

Statek	Podob OG	Podob NG	Podob EL	Podob INST	Podob SUM liczbowe
B191	0,21	0,64	0,55	0,55	0,49
B222	0,26	0,38	0,76	0,75	0,54
B369	0,07	0,66	0,56	0,68	0,49
B500	0,56	0,69	0,50	0,73	0,62
B501	0,07	0,17	0,64	0,49	0,34
B683	0,33	0,66	0,77	0,48	0,56
B684	0,33	0,68	0,53	0,60	0,54

Jako statek podobny został wytypowany statek o największym podobieństwie sumarycznym tj. statek B500. Maksymalne podobieństwa cząstkowe : ogólne, napędu głównego, elektrowni oraz wybranych instalacji zawarte są w tabeli 6.

Tabela 5. Maksymalne podobieństwa cząstkowe

Rodzaj pod	Statek	Wartość pod
POD OG	B500	0,56
POD NG	B500	0,69
POD EL	B683	0,77
POD IN	B222	0,75
POD SUM	B500	0,62

6. PODSUMOWANIE

W początkowej fazie projektowania statku na etapie projektu ofertowego projektant najczęściej korzysta z wcześniejszych rozwiązań dotyczących statku już zaprojektowanego lub zbudowanego. Wynika to ze stosunkowo krótkiego czasu na przygotowanie oferty, a ponadto z uproszczonej procedury projektowej. Z tego względu celowe i efektywne w projektowaniu statku jest zastosowanie metody wnioskowania na podstawie przypadków.

Przy realizacji większości zadań projektowych automatyki statku istotnym niedostatkim jest brak zastosowań sformalizowanych metod, modeli matematycznych oraz zaawansowanych technik wspomaganie komputerowego. Podejmowane decyzje i przyjmowane rozwiązania bazują często na wiedzy wynikającej z doświadczenia i intuicji projektantów.

Opracowany do tego celu ekspertowy system wspomaganie projektowania automatyki statku umożliwia przekształcenie tej wiedzy w sformalizowane reguły, zapewniając poprawę wyników procesu projektowania. Wraz z aplikacją bazy danych stanowi on inteligentne i przyjazne narzędzie wspomagające w znacznym stopniu proces projektowania automatyki na etapie projektu ofertowego, kontraktowego i technicznego.

Aplikacja stworzona została przy zastosowaniu systemu zarządzania bazą danych Access. i przewidziana jest do współpracy z systemem ekspertowym Exsys; może jednak stanowić również niezależne narzędzie funkcjonujące wyłącznie w systemie Access (bez zastosowania systemu ekspertowego). Utworzona aplikacja bazy danych jest narzędziem wspomagającym proces projektowania w zakresie najbardziej

pracochłonnych czynności. Oprócz tradycyjnej roli dostarczania informacji projektowych pełni rolę uzupełniającą systemu ekspertowego. Może ona dostarczać projektantowi informacji szczegółowych o układach i elementach automatyki zastosowanych na statkach zbudowanych, jak również informacji katalogowych o tych układach i

Istotnym elementem związanym z formalną reprezentacją przypadków jest zdefiniowanie sposobu ich porównania i wyszukiwania. Współczesne systemy baz danych stosują algorytmy wyszukiwania oparte na spełnieniu określonych w pytaniu warunków logicznych w logice dwuwartościowej, co jest niewystarczające dla systemów opartych na analizie przypadków. Zastosowane niekonwencjonalne metody określania podobieństwa statków do celów projektowania. [3] zapewniają lepszą miarę podobieństwa, dając możliwość wyboru przez projektanta funkcji podobieństwa odpowiednio do wymagań i rodzaju analizowanego parametru. Stanowiąc rodzaj filtru przyczyniają się do zwiększenia elastyczności w projektowaniu automatyki, gdzie często wartości techniczne pewnych parametrów przyjmowane są z większą lub mniejszą tolerancją z uwagi na kryteria ekonomiczne.

LITERATURA

- [1] Aamodt A., Plaza E.: Case-Based Reasoning, Foundation issues, methodological variations, and system approaches. *Artificial Intelligence Communications*, 1994, Vol. 7, No. 1, 39-59.
- [2] Kowalski Z., Arendt R., Meler-Kapcia M., Zieliński S.: An expert system for aided design of ship systems automation, *Expert Systems with Applications*, 2001, Vol. 20, No. 3, 261-266.
- [3] Kowalski Z., Meler-Kapcia M., Zieliński: Dobór metod obliczania podobieństwa statków dla wspomagania projektowania automatyki siłowni okrętowej
- [4] Kowalski Z., Meler-Kapcia M., Zieliński S. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej Automation 2002, PIAP, Warszawa 2002.
- [5] Kowalski Z., Meler-Kapcia M., Zieliński: Zastosowania sztucznej inteligencji w projektowaniu statków, Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej Automation 2003, PIAP, Warszawa 2003.
- [6] Lee D., Lee K. H.: An approach to case-based system for conceptual ship design assistant. *Expert Systems with Applications*, 1999, Vol. 16, No. 2, 97-104.
- [7] Meler-Kapcia M, Zieliński S, Kowalski Z.: On application of the Case-Based Reasoning methods in ship automation design, *Polish Maritime Research* 2003 no 2.
- [8] Mulawka J.: Systemy ekspertowe. WN-T, Warszawa 1996.
- [9] Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L.: Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. WN-T, Warszawa 1999.
- [10] Skalle P., Sveen J., Aamodt A.: Improved Efficiency of Oil Well Drilling through Case Base Reasoning, Proc. Of PRICAI 2000, The Sixth Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Melbourne August-September 2000. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer Verlag, 2000, pp. 713-723.
- [11] Yager R. R., Filev D. P.: Podstawy modelowania i sterowania rozmytego. Warszawa, WNT, 1999.