

ANTONI PODSIADŁO*, WIESŁAW TAREŁKO*

Reprezentacja wiedzy w komputerowo wspomaganym systemie identyfikacji obszaru zagrożenia dla operatora w siłowni okrętowej

Słowa kluczowe

Siłownia okrętowa, operator, obszar zagrożenia, model decyzyjny, system wspomagany komputerowo, reprezentacja wiedzy, baza wiedzy.

Key-words

Ship power plant, operator, hazard zone, decision-making system, computer-aided system, knowledge representation, knowledge base.

Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę rozwiązania decyzyjnego problemu identyfikacji elementów obszaru zagrożenia dla operatora w siłowni okrętowej z wykorzystaniem tzw. modelu bazowego nazywanego reprezentacją wiedzy. W tym celu sformułowano problem decyzyjny, zaprezentowano algorytm jego rozwiązania oraz uczestników procesu rozwiązania problemu (ekspert, projektant systemu, komputer) i ich zadania. Do budowy modelu bazowego wykorzystano dwa sposoby reprezentacji wiedzy o procesie identyfikacji elementów obszaru zagrożenia: reprezentację logiczną w postaci relacyjnej bazy wiedzy oraz reprezentację strukturalną w postaci grafów.

1. Wprowadzenie

Jednym z możliwych sposobów zwiększenia efektywności projektowania siłowni okrętowej, w tym projektowania bezpieczeństwa obsługujących ją ope-

* Akademia Morska w Gdyni, Katedra Podstaw Techniki, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, tel. (058) 6901331, fax (058) 6901399, e-mail: topo@am.gdynia.pl, tar@am.gdynia.pl.

ratorów, jest budowa wspomaganego komputerowo systemu ekspertowego. Tego rodzaju system budowany jest w Akademii Morskiej w Gdyni. Składa się on z dwóch podstawowych modułów:

- systemu identyfikacji obszaru zagrożenia dla operatora podczas realizacji czynności eksploatacyjnych,
- systemu doradczego wspomagającego dobór cech postaci konstrukcyjnej maszyn i urządzeń znajdujących się w obszarze zagrożenia.

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z komputerową reprezentacją wiedzy w pierwszym z tych modułów, tj. w systemie identyfikacji obszaru zagrożenia dla operatora w siłowni okrętowej. Przyjęte założenia oraz opis działania systemu przedstawiono w [1], zaś zagadnienia związane z jego modelowaniem w [2]. W systemie tym jednym z ważniejszych zadań jest zidentyfikowanie zmiennych decyzyjnych. W klasycznych modelach matematycznych problemu decyzyjnego wymagane są numeryczne wartości jego wejść i wyjść. Wynika to z faktu, że metody podejmowania decyzji, stworzone w klasycznej teorii podejmowania decyzji, oparte są na systemach formalnych, tzn. metody poszukiwania racjonalnej decyzji opierają się na równaniach lub na rachunkach logicznych, a sam proces poszukiwania sprowadza się albo do rozwiązania układów odpowiednich równań, albo do przeprowadzenia wnioskowania w systemie formalnym.

Rozwiązanie problemu decyzyjnego identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej nie może być przeprowadzone za pomocą takich metod z następujących powodów:

- użytkownik systemu podczas identyfikacji obszaru zagrożenia musi uwzględniać bardzo wiele różnorodnych czynników oddziałujących na bezpieczeństwo operatora,
- użytkownik systemu podczas podejmowania decyzji musi uwzględniać różne ograniczenia zarówno natury wewnętrznej, jak i zewnętrznej,
- wiedza znajdująca się w jego dyspozycji może być niekompletna, nieściśła i zawodna,
- znacząca część zmiennych systemu decyzyjnego identyfikacji obszaru zagrożenia jest typu lingwistycznego.

Z przedstawionych stwierdzeń wynika, że nie istnieje możliwość pełnej formalizacji procesu decyzyjnego identyfikacji obszaru zagrożenia z wykorzystaniem klasycznych metod modelowania matematycznego. Brak pełnej formalizacji zagadnienia nie wyklucza możliwości zastosowania nowych metod np. inżynierii wiedzy [3]. Nawet przy braku odpowiednich uzasadnień teoretycznych poziom nieokreśloności zagadnienia można obniżyć wykorzystując w tym celu opinie specjalistów z dziedziny projektowania i eksploatacji siłowni okrętowych. Opinie te można wykorzystać do zidentyfikowania zależności pomiędzy poszczególnymi wyborami a ich rezultatami oraz do dokonania subiektywnej oceny podjętych decyzji.

Oczywiste jest, że specjaliści z zakresu projektowania i eksploatacji siłowni okrętowych mogą formułować swoje oceny tylko w języku naturalnym. Takie opisy są w wielu przypadkach niejednoznaczne i trudno dają się analizować za pomocą komputerów a praktycznie są nie do przyjęcia w systemach decyzyjnych wspomaganych komputerowo. A tylko wykorzystując systemy zaprogramowane na komputer, użytkownik systemu może na bieżąco podejmować prawidłowe decyzje. W związku z tym zachodzi potrzeba odpowiedniego przekształcenia wiedzy specjalistów na język zrozumiały dla komputera. W tym celu można wykorzystać metody stosowane w inżynierii wiedzy, w szczególności zaś metody stosowane w systemach doradczych, które umożliwiają sprecyzowanie wiedzy uzyskanej od specjalistów przez odpowiedni sposób jej reprezentacji.

2. Model bazowy problemu decyzyjnego

W celu przekształcenia wiedzy specjalistów na język zrozumiały dla komputera rozpatruje się elementarną sytuację zagrożenia $w_j \in W$, dla której $x_i \in X_i$ są zmiennymi wejściowymi systemu (czynnikami niebezpiecznymi i szkodliwymi powodującymi zagrożenia dla operatora), $v \in V$ jest wartością oceniającą poziom zagrożenia dla operatora oraz $d \in D$ jest decyzją, zaś sposób oddziaływania zmiennych wejściowych wyraża funkcja [2]:

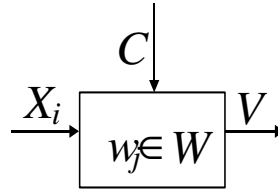
$$v = g(d, f(x, d, w)) \quad (1)$$

gdzie: v – wartość oceny poziomu zagrożenia dla operatora,
 x_i – zmienne wejściowe (decyzyjne),
 w_j – elementarna sytuacja zagrożenia,
 d – decyzje dotyczące wyboru wartości zmiennych wejściowych x_i ,
 f – funkcja skutku wpływu czynników niebezpiecznych i szkodliwych na poziom zagrożenia dla operatora,
 g – funkcja oceny poziomu zagrożenia dla operatora.

Opis tej funkcji oraz sposób tworzenia ‘elementarnych sytuacji zagrożenia’ $w_j \in W$ został przedstawiony w [2], zaś podstawowe pojęcia używane w komputerowo wspomaganym systemie decyzyjnym identyfikacji obszaru zagrożenia SDI_{oz} w [1].

Dla konkretnych wartości tych zmiennych, funkcja (1) może być interpretowana jako model ogólny decyzyjnego problemu identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej.

Poszczególne decyzje D wyznacza się za pomocą modelu decyzyjnego identyfikacji obszaru zagrożenia, czyli określonej formalizacji wiedzy o procesie identyfikacji tego obszaru. Korzystanie z tego modelu polega na podjęciu



Rys. 1. Schemat ilustrujący ogólny model decyzyjny: X_i – zmienne wejściowe systemu, V – ocena poziomu zagrożenia, C – ograniczenia natury wewnętrznej i zewnętrznej oraz $w_j \in W$ – rozpatrywana elementarna sytuacja zagrożenia

Fig. 1. A scheme illustrating general decision-making model: X_i – input variable values, V – an assessment of a hazard level, C – internal and external restrictions and $w_j \in W$ – the considered elementary hazard situation

przez użytkownika systemu decyzji dotyczących określenia potencjalnego rodzaju zagrożenia dla operatora, w przypadku gdy na rozpatrywaną elementarną sytuację zagrożenia $w_j \in W$ oddziałują zmienne wejściowe $x_i \in X$, przy czym decyzje $d \in D$ dotyczące rodzaju i wartości zmiennych wejściowych (czynników niebezpiecznych i szkodliwych dla operatora) są wyznaczane na podstawie analizy projektu wstępnego siłowni okrętowej. Ogólny model decyzyjny identyfikacji obszaru zagrożenia można zilustrować za pomocą schematu przedstawionego na rysunku 1.

Wynik rozwiązania równania (1) względem x można zapisać następująco:

$$v = \Psi(x, w, d) \quad (2)$$

Rozwiązanie problemu decyzyjnego odbywa się na podstawie modelu bazowego, nazywanego reprezentacją wiedzy, według pewnego algorytmu generującego, przy czym:

- ekspert formułuje model wynikowy, tj. postać funkcji (1),
- projektant systemu formułuje algorytm generacji rozwiązania, tj. wyznacza funkcję (2),
- komputer realizuje algorytm, tj. dla rozpatrywanej elementarnej sytuacji zagrożenia $w_j \in W$ dokonuje oceny $v \in V$ poziomu zagrożenia dla operatora.

W systemie decyzyjnym identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej, model bazowy wykorzystuje dwa następujące sposoby reprezentacji wiedzy o procesie identyfikacji obszaru zagrożenia:

- reprezentację strukturalną w postaci grafów,
- reprezentację logiczną w postaci relacyjnej bazy wiedzy.

2.1. Reprezentacja strukturalna wiedzy o identyfikacji obszaru zagrożenia

Rozpatruje się sytuację, w której wiedza o procesie identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej reprezentowana jest modelem bazowym systemu SDI_{OZ} odwzorowującym funkcje (1) w następującej postaci zbioru relacji R :

$$\bar{R}(x, w, v) = \bigcap_{i=1}^K R_i(x, w, v) \quad (3)$$

Model wynikowy uzyskuje się przez eliminację v z równania (3), tj. uzyskuje się następującą zależność:

$$R_i(x, w) = \left\{ (x, w) : \bigvee_{v \in V} \left[(x, w) \in \bar{R}(x, w, v) \right] \right\} = \bigcup_{v \in V} \bar{R}(x, w, v) = \mathfrak{R} \quad (4)$$

Zbiór relacji \mathfrak{R} formułowany jest przez ekspertów z danej dziedziny. Przyjmuje się przy tym, że zbiór \mathfrak{R} jest niepusty, tzn. w stwierdzeniu eksperta nie ma sprzeczności. Zadanie podejmowania decyzji w systemie *SDIOZ* można ogólnie sformułować za pomocą funkcji zdaniowych następująco:

‘dla zadanej relacji $R_i(x, w)$ oraz zadanych decyzji $d_x \in D_x$ oraz $d_w \in D_w$ wyznaczyć taką decyzję $d_v \in D_v$, że zachodzi następująca zależność’:

$$\varphi_x(x) \wedge \varphi_w(w) \rightarrow \varphi_v(v) \quad (5)$$

Tak sformułowane zadanie podejmowania decyzji identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej jest niemożliwe do jednorazowego (jednoetapowego) rozwiązania, ponieważ nie jest możliwe przyjęcie decyzji $d_x \in D_x$ dotyczącej całego zbioru zmiennych wejściowych X dla wybranej elementarnej sytuacji zagrożenia $w_j \in W$ (‘czynność eksploatacyjna – węzeł konstrukcyjny’). Wynika to między innymi z tego, że decyzje dotyczące określenia sposobu oddziaływania zmiennych wejściowych X (czynników niebezpiecznych i szkodliwych określanych na podstawie wstępnego projektu siłowni okrętowej) zależą nie tylko od rodzaju wykonywanej czynności eksploatacyjnej (np. demontaż przewodu wtryskiwacza paliwa silnika), ale także od rodzaju rozpatrywanej procedury, w ramach której czynność jest wykonywana (np. wymiana przewodu, wymiana wtryskiwacza, czy też wymiana głowicy cylindrowej, przegląd tłoka i tulei cylindrowej), która z kolei może być realizowana w różnych stanach eksploatacyjnych statku. Z tych względów identyfikacji elementarnych sytuacji zagrożenia dokonuje się poprzez analizę procedur eksploatacyjnych realizowanych przez operatora w siłowni okrętowej. A to oznacza, że proces podejmowania decyzji dotyczących identyfikacji elementarnej sytuacji zagrożenia $w_j \in W$ jest procesem wielopoziomowym. Występujące na każdym z poziomów tego procesu częściowe zadania podejmowania decyzji, muszą być w jakiś sposób ze sobą powiązane. A zatem projektując algorytm generacji rozwiązań należy uwzględnić fakt powiązania tych zadań.

W celu rozwiązania tego problemu, proces podejmowania decyzji w systemie identyfikacji obszaru zagrożenia SDI_{OZ} dzieli się na N poziomów. Liczba tych poziomów zależy od liczby poziomów rozpatrywania siłowni okrętowej jako złożonego systemu technicznego i liczby poziomów dekompozycji procedury eksploatacyjnej na elementarne czynności eksploatacyjne. Kolejne decyzje $d_{v,n+1} \in D_v^{n+1}$ muszą być podjęte po obserwacji określonych faktów wynikających z decyzji $d_{v,n} \in D_v^n$ podjętych na wyższym n -tym poziomie rozwiązywania zadania. Na każdym kolejnym poziomie n wyznacza się decyzję $d_{v,n} \in D_v^n$, dla sformułowanych własności $\varphi_x(x^n)$ oraz $\varphi_w(w^n)$ taką, że zachodzi zależność (5). Wyznaczenie decyzji $d_{v,n} \in D_v^n$ na danym poziomie oznacza wyznaczenie określonej wartości oceny stopnia zagrożenia dla operatora $v_i^n \in V_v^n$ co determinuje wartość oceny $v_j^{n+1} \in V_v^{n+1}$ następnego poziomu zadania identyfikacji obszaru zagrożenia. Kolejne poziomy dotyczą oceny stopnia zagrożenia dla operatora wykonującego czynności eksploatacyjne dotyczące:

- poszczególnych, pojedynczych węzłów konstrukcyjnych siłowni (np. głowica cylindrowa silnika głównego, wirówka paliwa ciężkiego, oczyszczalnia ścieków),
- układów siłowni (np. układ tłokowo-korbowy silnika głównego, instalacja oczyszczania paliwa ciężkiego, instalacja sanitarna odpływowa),
- instalacji siłowni (np. instalacja paliwowa, instalacja wody słodkiej).

Powiązanie między poziomami można zapisać w postaci następującego zbioru relacji:

$$\begin{aligned}
 R_i(x^n, w^n) &= \left\{ (x^n, w^n) : \bigvee_{v^{n+1} \in V} \left[(x^n, w^n) \in \bar{R}(x^n, w^n, v^{n+1}) \right] \right\} = \\
 &= \bigcup_{v^{n+1} \in V} \bar{R}(x^n, w^n, v^{n+1}) = \mathfrak{S}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Sformułowania ogólne, dotyczące relacji przejścia z jednego do następnego poziomu, można opisać za pomocą funkcji zdaniowych:

- dla zadanej relacji $R_i(x^n, w^n)$ oraz zadanych decyzji $d_x \in D_x$ i $d_w \in D_w$ wyznaczyć takie decyzje $d_v \in D_v$, że zachodzi zależność:

$$\varphi_x(x^n) \wedge \varphi_w(w^n) \rightarrow \varphi_v(v^{n+1}) \tag{7}$$

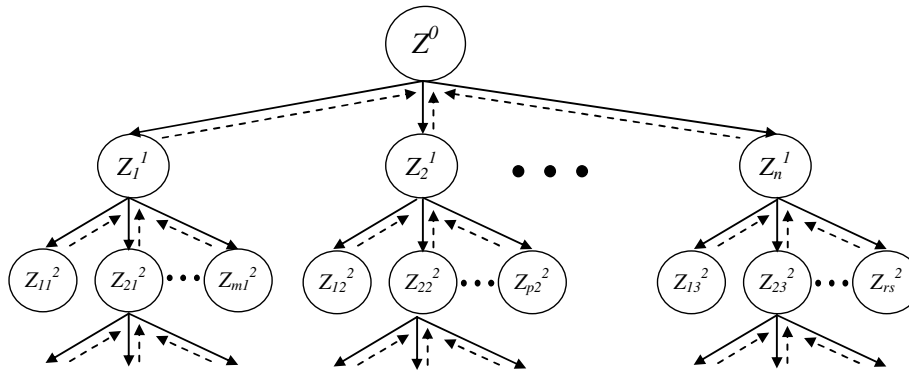
Zbiór relacji \mathfrak{S} jest określany przez projektanta systemu, zaś zbiór relacji \mathfrak{R} przez ekspertów. Wiedza sformułowana przez ekspertów w postaci zbioru relacji \mathfrak{R} , a także wiedza o strukturze systemu sformułowana przez projektantów systemu w postaci zbioru relacji \mathfrak{S} , po odpowiednim przekształceniu na potrzeby komputera, jest przechowywana w bazie wiedzy BW komputerowo wspomaganego systemu identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej.

2.2. Reprezentacja logiczna wiedzy o identyfikacji obszaru zagrożenia

Proces podejmowania decyzji identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej systemu SDI_{OZ} może być odwzorowany za pomocą grafu, którego węzły są podprocesami składowymi procesu decyzyjnego, zaś łuki oddziaływaniami decyzyjnymi. Możliwe przejścia między stanami procesu identyfikacji określone są przez oddziaływania zewnętrzne. Rozpatrywanie grafu można sprowadzić do niezależnego rozpatrywania pewnego zbioru jego podgrafów zwanych drzewami. Obiekty, które mogą być reprezentowane przez drzewa, nazywa się strukturami hierarchicznymi [4]. Tworzenie struktury hierarchicznej systemu SDI_{OZ} umotywowane jest następującymi przesłankami:

- system SDI_{OZ} zbudowany dla realizacji określonego celu, jakim jest identyfikacja obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej, jest zbyt złożony, aby było możliwe jednoczesne podejmowanie prawidłowych decyzji dotyczących procesu identyfikacji,
- poszczególne decyzyjne podprocesy składowe wymagają koordynacji swych działań w celu zrealizowania wspólnego celu, tj. identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej.

Biorąc pod uwagę przedstawiony opis grafu, proces podejmowania decyzji w systemie SDI_{OZ} może być przedstawiony jako graf celów. Korzeniem takiego grafu jest najbardziej ogólnie sformułowane zadanie identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej, zaś liśćmi są zadania częściowe o kolejno rosnącej szczegółowości aż do poziomu najniższego hierarchii, który w przypadku systemu SDI_{OZ} jest poziomem wykonawczym obejmującym elementarne sytuacje zagrożenia. Na każdym n -tym poziomie hierarchii rozwiązuje się określone podzadania procesu identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej. Graficzną reprezentację zadania identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej dla wyróżnionych elementarnych sytuacji zagrożenia $w_j \in W$ jako hierarchii przedstawia rysunek 2. W przedstawieniu graficznym użyto trzech symboli: wierzchołków, linii ciągłych i linii przerywanych. Wierzchołki odwzorowują zadania częściowe procesu identyfikacji obszaru zagrożenia Z , zaś linie ciągłe przedstawiają relacje podziału, czyli dekompozycję zadania na pewną liczbę zadań częściowych. Linie przerywane reprezentują relację scalania poszczególnych wskaźników częściowych oceny obszaru zagrożenia, czyli ich agregację.



Rys. 2. Graficzna reprezentacja zadania identyfikacji obszaru zagrożenia w postaci grafu (Z - zadanie identyfikacji; indeks górny oznacza poziom zadania identyfikacji; indeks dolny oznacza numer kolejnego zadania identyfikacji na danym poziomie)

Fig. 2. Graphic representation of hazard zone identification task in a form of a graph (Z – an identification task; an upper index means a level of the identification task; a bottom index means a number of the sequential identification task at a given level)

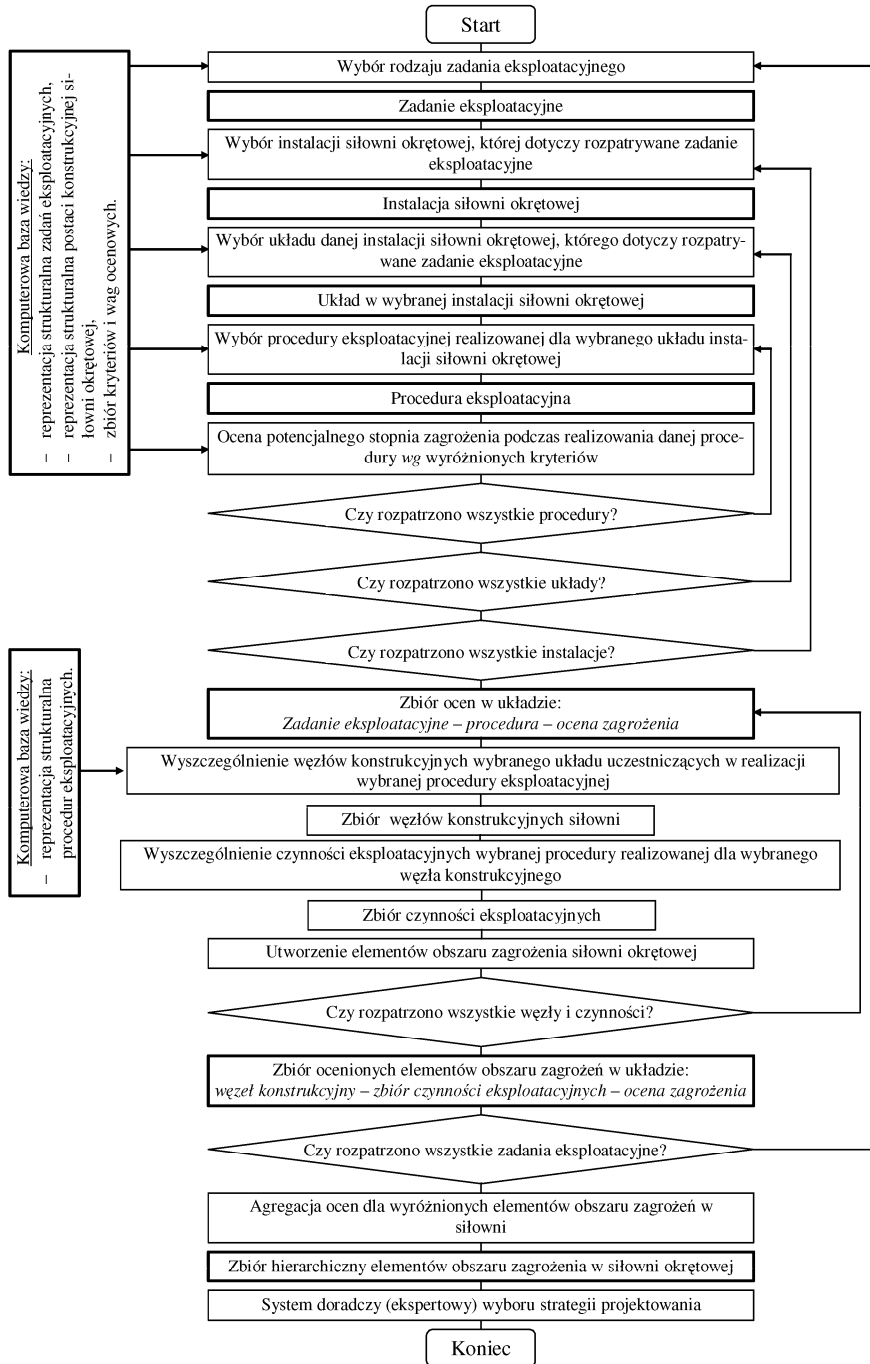
W celu przeprowadzenia dekompozycji zadania identyfikacji obszaru zagrożenia Z jako zadania podejmowania decyzji, przyjmuje się następujące założenia:

- proces identyfikacji obszaru zagrożenia dotyczy elementarnych sytuacji zagrożenia wyróżnionych przez zbiór procedur eksploatacyjnych realizowanych przez operatora,
- zbiór zmiennych decyzyjnych X oraz zbiór miar wartości V dla rozpatrywanego obszaru zagrożenia mogą być dekomponowane w odpowiednie układy hierarchiczne.

Zadaniem kluczowym procedury dekompozycji jest wybór sposobu jej przeprowadzenia. W omawianej pracy zaproponowano sposób przeprowadzenia dekompozycji poprzez zwiększanie stopnia szczegółowości rozpatrywania:

- siłowni okrętowej jako obiektu technicznego,
- procedur eksploatacyjnych.

W pierwszym przypadku siłownia okrętowa została podzielona kolejno na: instalacje – układy – zespoły zwane węzłami konstrukcyjnymi. W drugim przypadku procedury eksploatacyjne zostały podzielone w zależności od rodzaju zadania (ruch, utrzymanie ruchu, zaopatrzenie, kontrola stanu bezpieczeństwa) i obiektu technicznego (całej siłowni, wybranych instalacji, układów, zespołów), którego dotyczą. Procedura dekompozycji zadania identyfikacji stanowi część procedury generowania rozwiązania zadania identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej. Procedura ta została przedstawiona w postaci algorytmu na rysunku 3. Posługując się tym algorytmem uzyskuje się zbiory zdekomponowanych zadań identyfikacji obszaru zagrożenia Z dla rozpatrywanego obszaru zagrożenia. Wiedza o tych zbiorach w postaci odpowiedniej reprezentacji strukturalnej jest przechowywana w bazie wiedzy BW komputerowo wspomaganego systemu identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej.



Rys. 3. Algorytm generowania rozwiązania zadania identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej

Fig. 3. An algorithm of generating solution for the hazard zone identification task in a ship power plant

2.3. Agregacja ocen dla elementarnych sytuacji zagrożenia

Procedura agregacji ocen w systemie SDI_{OZ} polega na wyznaczeniu wartości wskaźnika globalnego dla rozpatrywanego obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej. Uzyskuje się to za pomocą przyjęcia wspólnej skali dla wszystkich wskaźników częściowych v_i , dekomponowanych w zgodności z podziałem zadania identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni. Dla każdej wybranej elementarnej sytuacji zagrożenia $w_j \in W$, na każdym n -tym poziomie rozpatrywania zadania identyfikacji, wykorzystuje się wskaźnik będący miarą informacji określającej stopień, w jakim różne czynniki niebezpieczne i szkodliwe dla operatora oddziałują na rozpatrywaną elementarną sytuację zagrożenia. Wskaźnik zagrożenia elementu obszaru jest obliczany wg następującej zależności:

$$I_{H,m}^{(n)} = I_{OF,m}^{(n)} + I_{FF,m} = k_{n,m} \cdot wg_n \cdot c_n + \sum_{j=1}^J wg_j \cdot c_{j,m} \quad (8)$$

- gdzie: $I_{H,m}^{(n)}$ – wskaźnik wpływu czynników niebezpiecznych i szkodliwych na wywołanie potencjalnego zagrożenia dla operatora, które występują podczas przeprowadzania czynności eksploatacyjnych, realizowanych zgodnie z rozpatrywaną n -tą procedurą, dotyczących m -tego węzła konstrukcyjnego,
- $I_{OF,m}^{(n)}$ – wskaźnik wpływu czynników eksploatacyjnych na wywołanie potencjalnego zagrożenia dla operatora, które występują podczas przeprowadzania czynności eksploatacyjnych, realizowanych zgodnie z rozpatrywaną n -tą procedurą, dotyczących m -tego węzła konstrukcyjnego,
- $I_{FF,m}$ – wskaźnik wpływu czynników funkcjonalnych na wywołanie potencjalnego zagrożenia dla operatora, które występują podczas przeprowadzania czynności eksploatacyjnych dotyczących m -tego węzła konstrukcyjnego,
- $K_{n,m}$ – liczba czynności eksploatacyjnych pojawiających się w n -tej procedurze dla m -tego węzła konstrukcyjnego,
- wg_n – współczynnik wagi dla n -tej procedury,
- c_n – wartość zmiennej eksploatacyjnej dla n -tej procedury,
- wg_j – współczynnik wagi dla j -tej zmiennej funkcjonalnej,
- $c_{j,m}$ – wartość j -tej zmiennej funkcjonalnej dla m -tego węzła konstrukcyjnego,
- J – liczba zmiennych funkcjonalnych.

Oczywistym jest, że dana elementarna sytuacja zagrożenia $w_j \in W$ może pojawiać się wielokrotnie podczas wykonywania różnych procedur eksploatacyjnych przez operatora, dla których wartości oceny zagrożenia są różne. Zatem jeżeli zadanie identyfikacji elementu obszaru zagrożenia będzie rozpatrywane

dla zbioru N procedur eksploatacyjnych, to należy obliczyć wskaźnik zagrożenia dla m -tego węzła konstrukcyjnego wg następującej zależności:

$$I_{H,m} = \sum_{n=1}^{N_m} I_{OF,m}^{(n)} + N_m \cdot I_{FF,m} = \sum_{n=1}^{N_m} k_{n,m} \cdot wg_n \cdot c_n + N_m \cdot \sum_{j=1}^J wg_j \cdot c_{j,m} \quad (9)$$

lub jako udział względny:

$$\eta_{H,m} = \frac{I_{H,m}}{\sum_{m=1}^M I_{H,m}} \quad (10)$$

gdzie: N – liczba rozpatrywanych procedur,

N_m – liczba procedur dotyczących m -tego węzła konstrukcyjnego,

M – liczba węzłów konstrukcyjnych, wyróżnionych przez rozpatrywane procedury.

Definicję „obszaru zagrożenia” oraz możliwe aspekty rozpatrywania tego obszaru przedstawiono w [1].

3. Algorytm generacji rozwiązania

Komputerowa realizacja procesu decyzyjnego identyfikacji obszaru zagrożenia w systemie SDI_{OZ} wymaga jego algorytmizacji, która musi być opracowana przez projektanta systemu. Nawet jeśli nie będzie to wprost algorytm rozwiązania zadania identyfikacji obszaru zagrożenia, lecz tylko poszukiwanie rozwiązania dla określonego zbioru procedur eksploatacyjnych siłowni okrętowej, to i tak konieczne jest sprecyzowanie przez projektanta systemu sposobu tego poszukiwania, czyli określenie algorytmu generacji rozwiązania. Cel zadania identyfikacji obszaru zagrożenia siłowni okrętowej jest sformułowany na najwyższym poziomie hierarchii w postaci określenia stanu początkowego Z^0 , czyli określenia najbardziej ogólnie sformułowanego zadania identyfikacji obszaru zagrożenia oraz możliwych oddziaływań sterujących. Model procesu podejmowania decyzji jest budowany z uwzględnieniem całej informacji zawartej w celu zadania identyfikacji obszaru zagrożenia. Utworzenie fragmentu modelu niezbędnego do podejmowania decyzji na niższych poziomach hierarchii jest możliwe tylko w czasie rozwiązywania zadania, kiedy to zostają uszczegółowione i zdeterminowane ‘węzły konstrukcyjne’ oraz ‘czynności eksploatacyjne’ wykonywane na tym ‘węźle’ przez operatora. Opracowane reguły przejścia z poziomu wyższego na poziom niższy hierarchii, wyrażone z pomocą zależności (7), pozwalają określić sytuację poziomu niższego. I odwrotnie, opracowana metoda agregacji wskaźników oceny stopnia zagrożenia rozpatrywanego elementu obszaru dla zadań częściowych pozwala ocenić dowolną sytuację pozio-

mu wyższego hierarchii. Cel bezpośrednio wyznacza zmianę stanu rozwiązywanego zadania. Oznacza to, że droga w zadaniu identyfikacji obszaru zagrożenia nie jest wybierana spośród kilku możliwych, lecz budowana w procesie rozwiązywania zadania. Na każdym poziomie hierarchii podejmowanie decyzji prowadzi się do wyboru jednej z możliwych dróg przejścia do poziomu niższego. Procedura ta kończy się z chwilą dojścia do poziomu wykonawczego hierarchii.

Proces rozwiązywania zadania identyfikacji obszaru zagrożenia w systemie SDI_{OZ} bazuje na następujących kategoriach wiedzy zawartej w bazie wiedzy BW :

- wiedzy podstawowej \mathfrak{R} , czyli doświadczenia ekspertów w identyfikacji elementu obszaru zagrożenia opisanej zbiorem relacji (4),
- wiedzy sterującej \mathfrak{S} , czyli procedur zmiany stanu procesu identyfikacji elementu obszaru zagrożenia opisanej zbiorem relacji (6),
- wiedzy klasyfikującej Z , czyli właściwości klasyfikacyjnych elementów składowych zadania identyfikacji obszaru zagrożenia, odwzorowanych za pomocą zbiorów zdekomponowanych zadań identyfikacji obszaru zagrożenia dla wyróżnionych elementarnych sytuacji zagrożenia $w \in W$.

Ogólnie bazę wiedzy BW komputerowo wspomaganego systemu identyfikacji obszaru zagrożenia w siłowni okrętowej można przedstawić jako trójkę:

$$BW = \langle \mathfrak{R}, \mathfrak{S}, Z \rangle \quad (11)$$

Funkcjonowanie systemu SDI_{OZ} jako systemu decyzyjnego realizowane jest w ten sposób, że użytkownik systemu wykorzystując bazę wiedzy BW oraz biorąc pod uwagę ograniczenia natury zewnętrznej i wewnętrznej C (rys. 1) dokonuje oceny stanu systemu i na tej podstawie określa stopień zagrożenia operatora za pomocą zbioru miar V . A więc procedura podejmowania decyzji polega na dokonaniu wyboru wartości zmiennych wejściowych x_i , które mogą wywołać określony skutek dla operatora, tj. niebezpieczeństwo lub szkodę operatora. Na podstawie, zdeterminowanych przez użytkownika systemu, wartości zmiennych wejściowych x_i , system oblicza wartość wskaźnika oceny stopnia zagrożenia rozpatrywanego elementu obszaru zagrożenia wg zależności (8). Po rozwiązaniu danego zadania identyfikacji dla wybranej procedury system w sposób iteracyjny udostępnia zbiory informacji pozwalające obliczyć wartość wskaźnika oceny stopnia zagrożenia dla wszystkich węzłów konstrukcyjnych wyróżnionych przez kolejno rozpatrywane procedury eksploatacyjne. Sumaryczny wskaźnik wpływu czynników eksploatacyjnych, na wywołanie potencjalnego zagrożenia dla operatora, które występują podczas przeprowadzania wszystkich czynności eksploatacyjnych, wyróżnionych przez rozpatrywane procedury, dotyczące kolejnych węzłów konstrukcyjnych, jest obliczany w każdym kroku iteracyjnie za pomocą zależności (9).

Całość procedury rozwiązywania zadania identyfikacji obszaru zagrożenia jako zadania podejmowania decyzji dla całego zbioru elementarnych sytuacji zagrożenia W jest przedstawiona w postaci algorytmu na rysunku 3.

Uzyskane, w toku rozwiązywania tego zadania, wartości wskaźnika oceny elementu obszaru zagrożenia, obliczone wg zależności (10), pozwalają na uszeregowanie wszystkich, rozpatrywanych w danym zadaniu identyfikacji, węzłów konstrukcyjnych, z punktu widzenia potencjalnego zagrożenia dla operatora siłowni okrętowej. W zależności od uzyskanej oceny system proponuje określoną strategię projektowania bezpieczeństwa dla rozpatrywanego zagregowanego obszaru zagrożenia.

4. Podsumowanie

Komputerowa realizacja procesu decyzyjnego identyfikacji obszaru zagrożenia dla operatora siłowni okrętowej wymaga przekształcenia wiedzy specjalistów z zakresu projektowania i eksploatacji siłowni okrętowych na język zrozumiały dla komputera. Do najważniejszych działań w tym zakresie należą:

- przedstawienie funkcji skutku wpływu czynników niebezpiecznych i szkodliwych na operatora i oceny poziomu zagrożenia w postaci logicznej reprezentacji wiedzy o procesie identyfikacji obszaru zagrożenia, w tym:
 - sformułowanie procesu podejmowania decyzji jako procesu wielopoziomego,
 - przedstawienie wiedzy w postaci relacyjnej bazy wiedzy,
 - wyznaczenie decyzji w postaci funkcji zdaniowych,
 - sformułowanie zasad tworzenia języka reprezentacji logicznej;
- przedstawienie funkcji skutku wpływu czynników niebezpiecznych i szkodliwych na operatora i oceny poziomu zagrożenia w postaci strukturalnej reprezentacji wiedzy o procesie identyfikacji obszaru zagrożenia, w tym:
 - nadanie struktury hierarchicznej procesowi identyfikacji obszaru zagrożenia,
 - sformułowanie zadania identyfikacji obszaru zagrożenia,
 - opracowanie procedury dekompozycji zadania identyfikacji obszaru zagrożenia,
 - opracowanie procedury agregacji wskaźników oceny zagrożenia;
- opracowanie algorytmu generacji rozwiązania zadania identyfikacji obszaru zagrożenia wykorzystującego logiczną i strukturalną reprezentację wiedzy o procesie identyfikacji tego obszaru.

Praca wpłynęła do Redakcji 10.07.2006 r.

Literatura

- [1] Podsiadło A., Tarełko W.: Modelling and developing a decision-making process of hazard zone identification in ship power plants. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2006. No. 83. pp.287–298.
- [2] Podsiadło A., Tarełko W.: Modelling a decision-making process of hazard zone identification in ship power plants. *Proceedings of European Safety & Reliability Conference (ESREL 2005)*. Advances in Safety and Reliability. A.A. Balkema Publishers. 27-30 June 2005. Gdansk. Vol. 2, pp. 1585-1592.
- [3] Bubnicki Z.: *Wstęp do systemów eksperckich*. PWN. Warszawa 1990.
- [4] Suh N.P.: *The Principles of Design*. Oxford University Press. Oxford 1990.

Knowledge representation in computer-aided system for hazard zone identification for operators of ship power plants

Summary

Ship power plants have to accomplish requirements of future users, i.e. a machinery crew. As a rule, these requirements are formulated in the form of a set of ship power plant properties that are realized at various stages of the product life-cycle. These properties of ship power plants are 'built-in' at the development stage of a design process. In order to achieve the desired levels of the selected properties, designers should take into account many various design principles. One of the general design principles is 'design for safety'. It means that the ship power plant has to meet requirements of the safety. One of the possible solutions for increasing the operator's safety is to build a computer-aided system supporting design process of safe ship power plants. Such a system is being developed in Gdynia Maritime University. This paper deals with the computer-aided system for hazard zone identification in ship power plants.

In every procedure involving identification actions, we could observe that one of the typical multiple recurrent activities is an act of deciding. It is obvious that such an activity should be preceded by appropriate actions preparing this decision. For enabling an appropriate course of these actions, we should constitute an appropriate framework, for example in the form of a decisions-making system. In our approach, all decision-making problems are solved by means of a base model called knowledge representation. The base model uses the following ways of knowledge representation concerning the process of hazard zone identification:

- logical representation in the form of the relative knowledge base,
- structural representation in the form of the graphs.

Both kinds of the mentioned knowledge are stored in the knowledge base of the computer-aided system for hazard zone identification in ship power plants.

Realization of a decision-making process for hazard zone identification requires the development of an appropriate procedure. This procedure is realized in such a way that a system user, using the knowledge base and taking the internal and external restrictions into account, determines its stages by attributing the special comparative values worked out. In this way, the user makes a decision concerning the degree of hazard for operators within the identified hazard zone. Thus, this decision-making procedure consists of carrying out the selection of dangerous or harmful factors and their values (input variable values), which could trigger off any consequences for operators (output variable values). Based on these determined values, the system should calculate a value of an index expressing influence of dangerous and harmful factors on hazards for opera-

tors. In depend on the received value, the system proposes a proper strategy of safety design for the selected hazard situation element, for instance:

- withdrawing operators to more safe places by means of replacing a machinery component together with operations to be involved,
- decreasing hazards for operators by selecting suitable design features of machinery components which can reduce influence of dangerous and harmful factors,
- remaining the considered design solution without any changes.

An algorithm of generating solution for the hazard zone identification task in a ship power plant completes the description of the knowledge representation in computer-aided system for hazard zone identification for operators of ship power plants.

