

Stanisław Skrzyński, Grzegorz Krasnodębski

Stanisław Skrzyński
Zakład Technologii Prac Podwodnych, Instytut Napędu i Konstrukcji Okrętów,
Akademia Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69,
81-103 Gdynia
tel/fax: 058-621 27 61, e-mail skrzynski@interecho.com

Grzegorz Krasnodębski
Zakład Zarządzania Kryzysowego, Instytut Bezpieczeństwa Narodowego,
Akademia Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69,
81-103 Gdynia
tel: 058-626 28 67, e-mail g.krasnodebski@amw.gdynia.pl

**WSPOMAGANIE INFORMATYCZNE W SYTUACJACH I
STANACH AWARYJNYCH PRAC PODWODNYCH**

W artykule przedstawiono rozważania dotyczące wykorzystania technologii informatycznych wspierających prowadzenie prac podwodnych. Zwrócono uwagę na złożoność systemów podtrzymania życia dzwonu i komory dekompresyjnej jako obszaru wdrażania nowoczesnych rozwiązań. Zaproponowano wykorzystanie systemów ekspertowych jako narzędzia wspierającego kierownika prac podwodnych oraz nurków w procesie podejmowania decyzji w sytuacjach i stanach awaryjnych.

Słowa kluczowe: awaria, dane, decyzja, komputer, nurek, prace podwodne, system, wiedza.

**USING INFORMATION SYSTEMS IN EMERGENCY
SITUATIONS DURING UNDERWATER WORK**

This article presents considerations for the use of information technology in support of underwater work. Noted the complexity of systems supporting diving bell and decompression chamber as an area of deployment of modern solutions. Proposed to use expert systems as a tool for supporting the head of diving and divers in the process of decision-making in emergency situations.

Keywords: diving, underwater work, diver, supervisor, computer, data, decision, emergency, knowledge, system.

WSTĘP

Bezpieczeństwo działalności człowieka pod wodą i w warunkach podwyższonego ciśnienia wymaga optymalnego powiązania techniki, medycyny i organizacji działalności. Potocznie tę działalność nazywa się nurkowaniem i dotyczy ona trzech nurtów aktywności wynikających z przeznaczenia i realizowanego zadania podwodnego. Tymi nurtami są nurkowania dla celów komercyjnych, nurkowania rekreacyjne oraz nurkowania dla celów militarnych. W dokumentach normatywnych naszego kraju dotyczących działalności podwodnej dla celów komercyjnych nie mówi się o nurkowaniu, a o pracach podwodnych wychodząc z założenia, że nurkowanie jest tylko niezbędnym elementem pracy podwodnej.

Te trzy główne elementy są podstawą do powiązania w jedną całość, którą tworzy system nurkowy i ma odbicie w wyposażeniu bazy do prac podwodnych.

Systemem nurkowym określa się całokształt techniki nurkowej, konstrukcyjnie połączonej i skompletowanej z organizacyjnie wydzielonymi stanowiskami obsługi, zabezpieczenia technicznego i medycznego zabezpieczenia pracy nurka.

Organizacyjna struktura i konfiguracja techniczna systemu nurkowego powinna odpowiadać wymaganiom bezpieczeństwa nurkowania i być odporną na skutki awarii, niesprawności sprzętu, a także błędnych decyzji i nieprawidłowego działania nurków.

Podstawowym problemem działalności podwodnej jest wybór odpowiedniego systemu nurkowego dla zabezpieczenia poszczególnych operacji wykonywanych na głębokości.

Podczas prowadzenia prac podwodnych już na etapie przygotowania prac zauważono, że prawie wszyscy członkowie ekipy posiadają i korzystają z prywatnych przenośnych komputerów tzw. laptopów, które oprócz tego, że służą rozrywce są również wykorzystywane do celów zawodowych. Wspomaganie informatyczne służy do zapisywania swoich uwag i danych dotyczących praktyki wykonywanych prac. Wspieranie się nowymi technologiami jest dostępne prawie w każdym miejscu prac podwodnych. Niekontrolowane i szeroko stosowane wspomaganie informatyczne tak, jak w każdej innej dziedzinie stało się faktem, którego nie sposób docenić także podczas prowadzenia prac podwodnych.

Doskonałym wynalazkiem okazuje się Internet pozwalający uczestnikom prac podwodnych dotrzeć do informacji związanych z ich pracą (np. prognoza pogody, informacje o sprzęcie i technice nurkowej, przepisy i regulacje związane z wykonywaną pracą, dane o wydarzeniach i wypadkach, itp.). Ponadto o każdej porze posiadają oni łączność, w której już nie musimy posługiwać się tylko słowami. Dzisiejsza cywilizacja jest cywilizacją obrazów a Internet pozwala na przekazywanie obrazów i to praktycznie w czasie rzeczywistym.

Dzisiejsza prace podwodne trudno sobie wyobrazić bez wykorzystania telewizji podwodnej. Nagrane sekwencje z pracy wykonywanej przez nurków mogą być rejestrowane na komputerach a następnie poddawane ocenie z dala od rejonu prac.

Wspomaganie elektroniczne we współczesnym świecie to przekaz słowny wspierany i wzmacniany przez przekaz obrazów. Szczególnie przydatne są powszechnie dostępne aparaty cyfrowe umożliwiające wykonywanie zdjęć o dużej rozdzielczości, telewizja podwodna umożliwiająca nagrywanie filmów w postaci cyfrowej, rejestratory parametrów nurkowania i prac podwodnych dostarczające pakiety danych informacyjnych.

Zaawansowanie technologiczne powoduje, że można zadać pytanie: czy jest to pozytywne, że nurkowie dzięki informatyzacji posiadają, takie możliwości „doinformowania”? Odpowiedź nie jest jednoznaczna. Niesie to pozytywne i negatywne skutki. Podczas prowadzenia prac podwodnych nurkowie i personel

obsługi muszą być podporządkowani bezwzględnie kierownikowi prac podwodnych. Rola kierownika staje się coraz trudniejsza, bo może on być oceniany na bieżąco i rozprasany innymi informacjami płynącymi z np. Internetu. Dużą zaletą jest to, że wspomaganie informatyczne pozwala na bieżąco uzupełniać wiadomości i bez większego wysiłku uzyskiwać dostęp do wiedzy specjalistów.

1. KIERUNKI WSPOMAGANIA INFORMATYCZNEGO

Informatyzacja w podwodnej działalności człowieka jest konieczna i musi być ukierunkowana na bezpieczeństwo, sprawność organizacyjną oraz efektywność wykonania pracy. Bardzo istotna jest ona w stanach i sytuacjach awaryjnych w odniesieniu do nurka a w szczególności kierownika prac podwodnych.

W większości przypadków czas jest największym wrogiem skutecznego działania, dlatego też posiadanie i dostęp do systemu wspomagania w tym przypadku (do bazy danych i wiedzy) jest niezbędny.

Zastosowanie wspomagania informatycznego w pierwszym rzędzie zastosować należy w prewencji i profilaktyce stanów awaryjnych podczas prac podwodnych. Przygotowanie procedur i roboczych sprawdzeń techniki i sprzętu nurkowego wykluczyć powinno:

- nieprawidłowe lub nie jakościowe gazy oddechowe (mieszanki, powietrze, tlen) do danej technologii i głębokości nurkowania,
- przerwanie zasilania w gazy oddechowe,
- przerwanie łączności,
- utratę ochrony cieplnej nurka,
- kontrolę zanurzenia, pobytu na głębokości i dekompresję nurków,
- zabezpieczanie procedur ewakuacji nurka i prowadzenie procedur leczniczych w warunkach ciśnienia.

Jednym z obszarów zastosowań nowoczesnych technologii może być monitoring psychofizyczny. Powinien on obejmować rejestrację ilości oddechów nurka, pracę serca, temperaturę ciała w wielu punktach, EEG oraz wykrywanie pęcherzyków we krwi nurka, podczas dekompresji. itp. Szczególnie jest to ważne podczas prowadzenia prac długotrwałych i głębiniowych na etapie doboru nurków i oceny ich kondycji psychofizycznej podczas realizacji zadania podwodnego. Na dzień dzisiejszy tego typu monitorowanie jest trudno wprowadzić do prac operacyjnych ze względu na „inwazyjności pomiarów” w sprzęt i ciało nurka i jeszcze nie w pełni doskonałość aparatury. Istnieją już komputery, które rejestrują podstawowe parametry wysiłkowe nurka. Ten sposób kontroli nurka nie jest jeszcze przewidywany w przepisach, chociaż w nurkowaniach eksperymentalnych jest już standardem.

Ważnym elementem jest również łączność i komunikacja z nurkami. Dzisiejsze normy i przepisy wymagają wysokiej komunikatywności mowy i kompensacji zakłóceń oraz dublowania kanałowego. W przypadkach prac długotrwałych i głębiniowych wymagana jest przewodowa łączność z dzwonem nurkowym, dwa kanały - podstawowy i awaryjny oraz bezprzewodowa hydroakustyczna łączność i znacznik hydroakustyczny dzwonu. Łączność ta wykorzystywana będzie w stanach awaryjnych. Wspomaganie informatyczne powinno zapewnić prawidłowe posługiwanie się tym rodzajem łączności (np. dobór głębokości pracy, eliminacja przeszkód łączności np. termokliny itp.).

Szczególnie istotne jest także wspomaganie w przypadku zerwania się wiązki kablowo-wężowej dzwonu nurkowego podczas prac długotrwałych. W takiej sytuacji konieczna jest ocena stanu nurków przebywających w dzwonie. Autonomiczność dzwonu zapewnia minimum 24 godzinny pobyt nurków, ale udzielający pomocy muszą znać sytuację w dzwonie np. czy zamknięty jest właz dzwonu, jak wysoko jest

dzwon zalany, ile zapasów awaryjnego gazu oddechowego zużyto by utrzymać atmosferę w dzwonie, czy działają pochłaniacz dwutlenku węgla i przyrządy pomiarowe, czy możliwe jest wejście do dzwonu nurka asekuracyjnego. Pytań i zagadnień jest w tym przypadku wiele. Ważne jest także to, jak prowadzić łączność z załogą dzwonu by nie wyczerpać zbyt szybko baterii akumulatorów dzwonu, jak prowadzić efektywną rozmowę dla wsparcia działań a szczególnie walki z przechłodzeniem organizmu, jak najszybciej zlokalizować położenie dzwonu i zrealizować udzielenie pomocy jego załodze.

2. DZIAŁANIE SYSTEMÓW PODTRZYMIWANIA ŻYCIA, DZWONU I KOMORY DEKOMPRESYJNEJ

Pojęcie systemu podtrzymania życia dotyczy szerokiej gamy urządzeń, które zapewniają bezpieczny pobyt nurka w warunkach zamkniętego środowiska będącego pod ciśnieniem i jego pracy pod wodą. Układy podtrzymania życia połączone są do przestrzeni zamkniętych kompleksu, w których przebywają nurkowie tj. komora hiperbaryczna i dzwon nurkowy.

Wdrażanie nowoczesnych środków informatycznych nabiera szczególnego znaczenia w systemach podtrzymania życia dzwonu i komory dekompresyjnej podczas realizacji prac głębinowych (z użyciem dzwonu nurkowego i mieszanin oddechowych powyżej głębokości 50m) i prac długotrwałych(z użyciem technologii nurkowań saturowanych). Systemy podtrzymania życia w kompleksie nurkowym są podstawowym elementem decydującym o bezpieczeństwie nurkowania w przypadku nurkowań saturowanych i głębinowych.

Warunki przebywania pod ciśnieniem możliwe są w wąskich granicach ciśnienia parcjalego tlenu, organizm ludzki źle znosi zwiększony poziom ciśnienia parcjalego dwutlenku węgla i ma bardzo wąskie granice stabilności termicznej szczególnie w atmosferze helowej. W wyniku wymiany gazowej w płucach, nurkowie wydychają dwutlenek węgla do przestrzeni komory oraz wydzielają produkty przemian metabolicznych zużywając tlen. Ze względu na zamkniętą przestrzeń zanieczyszczenia te gromadzą się w czasie, powodując zagrożenie dla zdrowia nurków. Zadaniem systemów podtrzymania życia jest utrzymanie zarówno ilościowych jak i jakościowych warunków standardowych dla zabezpieczenia homeostazy (zachowanie stałości fizykochemicznej cech środowiska zewnątrz komórkowego organizmu). W nurkowaniu saturowanym – pracach długotrwałych nurek poddawany jest działaniu ciśnienia od kilku dni do kilku tygodni (maksimum 28 dób włączając dekompresję).

System podtrzymania życia nie tylko musi wychwytywać CO₂ i dodawać O₂, ale oczyszczać atmosferę z zanieczyszczeń i domieszek szkodliwych, ale także utrzymywać komfort termiczny, dokładnie kontrolować wilgotność oraz eliminować inne szkodliwe gazy i substancje produkowane w toku metabolizmu (przemiany materii) oraz powstałe w wyniku zabezpieczenia przebywania pod ciśnieniem.

Dla pełnej kontroli środowiska atmosfery komory konieczna jest ocena ilościowa i jakościowa ośmiu czynników, którymi są:

- ciśnienie ogólne,
- ciśnienie parcjale tlenu,
- ciśnienie parcjale dwutlenku węgla,
- temperatura i wilgotność,
- poziom substancji toksycznych,
- poziom zagrożenia pożarowego,
- poziom flory bakteryjnej,
- poziom hałasu.

Parametrami atmosfery obiektu hiperbarycznego są:

- ciśnienie panujące w komorze lub dzwonie hiperbarycznej,
- wilgotność panująca w komorze hiperbarycznej,
- temperatura panującej w komorze hiperbarycznej lub dzwonie nurkowym,
- prędkość przepływu czynnika oddechowego,
- rodzaj stosowanego czynnika oddechowego,
- zanieczyszczenia - szczególnie toksyczne są, CO₂ ,i CO,
- ciśnienia parcjale tlenu i dwutlenku węgla.

Do podstawowych zadań systemu podtrzymania życia należą:

- usuwanie powstających zanieczyszczeń na drodze fizjologicznej,
- usuwanie zanieczyszczeń powstających w czasie eksploatacji kompleksu,
- uzupełnienie konsumowanego przez nurków tlenu poprzez jego dozowanie i rozprzestrzenianie w habitacie,
- utrzymywanie jednorodnego składu atmosfery oddechowej w całej objętości kompleksu,
- utrzymanie i regulowanie komfortu cieplnego nurków oraz mikroklimatu wnętrza,
- utrzymanie i regulowanie szumów hałasu i innych czynników obniżających komfort przebywania.

Uważamy, że w przypadku obsługi systemów podtrzymania życia zastosowanie wspomaganie informatycznego należy wykorzystać do :

- jednoznacznej oceny skuteczności pracy systemów podtrzymania życia. Wskaźnikiem są pomiary dokonywane i zastosowana metoda pomiaru. Np. za pomocą gazoanalyzerów zewnętrznych i wewnętrznych, (tlen, dwutlenek węgla, domieszki szkodliwe),
- działania personelu w przypadku zanieczyszczenia atmosfery, przekroczenia parametrów dla bezpiecznego przebywania w komorze w warunkach podwyższonego ciśnienia,
- działania w przypadku pożaru,
- ewakuacji pod ciśnieniem nurków do komory ratowniczej,
- realizacji czynności przy niekontrolowanym obniżeniu ciśnienia,
- procedur podczas zaistnienia incydentu dekompresyjnego występującego w czasie realizacji dekompresji lub w czasie po jej wykonaniu,
- wykorzystania systemów awaryjnego podtrzymania życia. Zalicza się do nich: wewnętrzne pochłaniacze CO₂ z wentylatorem, układy oddychania - inhalatory (BiBS) do zabezpieczenia oddychania spoza atmosfery komory, indywidualne pochłaniacze CO₂, zestawy ocieplaczy dla nurków, wewnętrzne grzejniki, awaryjne dozowniki O₂,
- wykorzystania awaryjnego zapasu mieszanin i tlenu,
- optymalizacji wykorzystania zapasów gazów oddechowych,
- wykorzystania awaryjnego systemu podtrzymania życia do zabezpieczenia przeprowadzenia dekompresji podstawowej i awaryjnej podczas nurkowania saturowanego, prowadzonej tak w normalnej eksploatacji kompleksu jak i w sytuacjach zagrożenia życia.

Wymagania normatywne dotyczące zarówno tak konstrukcji komór dekompresyjnych i hiperbarycznych, jak i dzwonów nurkowych są precyzyjne. Wszelkie założenia dotyczące montażu jak i eksploatacji konstrukcji ciśnieniowych

tego rodzaju muszą być oparte na przepisach Towarzystw Klasyfikacyjnych. Zgodnie z przepisami towarzystw klasyfikacyjnych w każdym obiekcie hiperbarycznym muszą być monitorowane następujące składniki atmosfery:

- temperatura,
- wilgotność,
- ciśnienie całkowite (bądź też głębokość nurkowania),
- ciśnienie parcjale tlenu i dwutlenku węgla.

Szczególnie ważny jest sprzęt pomiarowy, który uwzględnia niezbędne parametry użytkowe i awaryjne. W celu spełnienia tych wymagań przyrządy pomiarowe umożliwiające operatorowi takiego systemu możliwość dokładnego pomiaru składu panującej tam atmosfery z uwzględnieniem monitorowania wszystkich wymaganych parametrów. Niezwykle trudne jest określenie optymalnych przyrządów pomiarowych do zastosowania w pomiarach tego rodzaju. Wspomaganie powinno uwzględniać działanie podczas awarii przyrządów pomiarowych podstawowych oraz ich wykorzystanie w stanach awaryjnych, a także prowadzenie nurkowania w tym dekompresji bez możliwości dokładnych pomiarów. Wspomaganie informatyczne jest niezbędne dla zabezpieczenia metrologicznego punktów pomiarowych parametrów rejestracji podczas realizacji nurkowania.

W naszym kraju takim technicznym i organizacyjnym dokumentem jest USTAWA z dnia 17 października 2003 r. o wykonywaniu prac podwodnych (Dz. U. z dnia 24 listopada 2003 r.) wraz z rozporządzeniami. Definiuje ona procedurę prac podwodnych jako sposób postępowania przy wykonywaniu prac podwodnych, określając kolejność wykonywanych czynności, rodzaj sprzętu nurkowego, głębokość zanurzenia, rodzaj i czas dekompresji, dopuszczalny czas pracy i przebywania w warunkach podwyższonego ciśnienia, długość przerw pomiędzy kolejnymi zanurzeniami, zasady asekuracji, łączności i postępowania w przypadku awarii lub wystąpienia objawów choroby dekompresyjnej. Nie określa ona natomiast w jaki sposób:

- kierownik prac podwodnych jest zobowiązany przeprowadzić ocenę ryzyka zawodowego w miejscu zamierzonego wykonywania prac podwodnych oraz poinformować osoby wykonujące prace podwodne o ryzyku zawodowym i zastosowanych środkach zmniejszających ryzyko,
- opracować i stosować bezpieczne procedury prac podwodnych.

W ustawie i rozporządzeniach brak jest wyjaśnień i pełnych informacji dotyczących obszaru zastosowania informatycznego działania i wspomaganie pracy kierownika prac podwodnych, szczególnie przy ocenie ryzyka wykonywania pracy.

Dla przykładu w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 19 maja 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu prac podwodnych; wspomaganie informatycznego wymaga planowanie prac podwodnych na średnich głębokościach a szczególnie w pracach, przy których czas przewidywanej dekompresji jest dłuższy niż 30 minut. W tym ostatnim przypadku bazę wyposaża się co najmniej w dekompresyjną komorę transportową lub jednoprzediałową komorę dekompresyjną z przedsionkiem, a wspomaganie dotyczyć powinno zastosowania metod nurkowania oraz optymalizacji czasu pobytu nurka na głębokości by wypełnić optymalnie zadania podwodne z punktu widzenia realizacji pracy i kosztów ich wykonania przy zapewnieniu określonego poziomu bezpieczeństwa.

Rozporządzenie to nie wspomina wprost o stosowaniu komputerów nurkowych, a urządzenie do rejestracji obrazu i dźwięku wymagane jest tylko w przypadku prac długotrwałych. Brak jest jakichkolwiek wymagań zabezpieczenia

technicznego, które powinno być traktowane jako podstawa wspomaganie informatycznego.

3. ANALIZA ZAREJESTROWANYCH DANYCH Z PRZEBIEGU NURKOWANIA I PRAC PODWODNYCH

Rejestracja obrazów, komunikacji (dźwięku) i parametrów nurkowania pozwala na ocenę przebiegu nurkowania i prac podwodnych w aspektach bezpieczeństwa pracy nurków, sprawności organizacyjnej ekipy nurkowej i prawidłowości wykonania technologii wykonania danego zadania. Wnioski z oceny implikują zapobieganie stanom i sytuacjom awaryjnym, co pozwala na działania profilaktyczne i prewencyjne przeciwdziałające zagrożeniom tak ludzi jak i obniżeniu ryzyka wykonania pracy podwodnej. Niestety do chwili obecnej rejestracja w każdej formie uważana jest jako niezbędny element dla instytucji kontrolujących.

Przy pracach na polskim offshore ekipa nurkowa stosuje minimum dwie kamery, a możliwości zwiększenia ilości kamer rejestrujących przebieg nurkowania nie przedstawiają trudności technicznych. Ilość kamer ograniczona jest percepcją osób kierującymi pracami. Przy stosowaniu dwóch kamer, jedna z kamer jest kamerą zainstalowaną na hełmie nurka pokazującą bezpośrednio bliskie wykonywanie pracy i druga śledzi przebieg prac z mobilnego pojazdu typu ROV obejmując projekcję ogólną miejsca nurków i elementów nurkowania w strukturze podwodnej (np. dzwon nurkowy, balast, narzędzia) oraz pokazując przemieszczanie się nurków w toni wodnej.

Rejestracja obrazów z kamery najełmowej nurka powiązana jest ze ścieżką dźwiękową, co pozwala ocenić prawidłowość komunikacji nurek - kierownik prac podwodnych. Ocena rejestracji parametrów nurkowania pozwala na wyeliminowanie błędów obsługowych, sprawdzenie prawidłowości dekompresji, warunków wykonania pracy itp.

4. ZASTOSOWANIE WSPOMAGANIA W PRACACH PODWODNYCH

Natłok informacyjny podczas prowadzenia prac podwodnych oraz presja czasu w sytuacjach awaryjnych powodują, że nie zawsze umysł człowiek jest w stanie podjąć racjonalną decyzję. Dostatecznie często potrzebna jest wiedza pochodząca od specjalistów i w takich sytuacjach bardzo przydatne okazują się systemy ekspertowe.

Systemy ekspertowe jako typ rozwiązań technologii sztucznej inteligencji należą do klasy systemów informatycznych wspomagających proces podejmowania decyzji. Zapewniają one formalizację wiedzy specjalistycznej oraz procesów myślowych prowadzących do podjęcia decyzji. Dane tego rodzaju jest trudno opisać przy pomocy precyzyjnego algorytmu, ponieważ wynikają one w dużej mierze z osobistego doświadczenia specjalistów, a tradycyjne metody informatyczne są w ich przypadku nieefektywne. Takie systemy potwierdzają swoją przydatność w lotnictwie

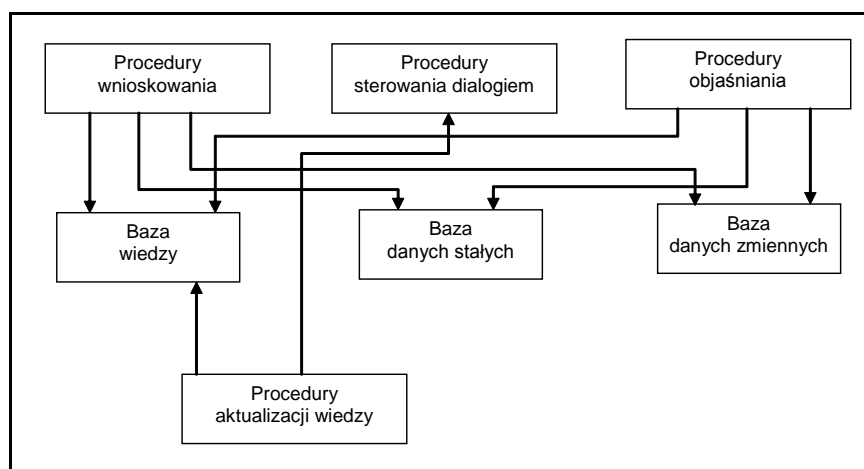
Stosowanie sztucznej inteligencji w dzisiejszym świecie jest na porządku dziennym. Obserwując rozwój ludzkości łatwo dojść do wniosku, że sztuczna inteligencja jest jego logiczną konsekwencją. Po zautomatyzowaniu prostych czynności, nastąpiło przejście do wspomaganie decyzji i procesów wnioskowania. Istotą systemów sztucznej inteligencji jest wspomaganie podejmowania decyzji lub ich modelowanie. Takich cech nie posiadają tradycyjne systemy informatyczne projektowane przede wszystkim w celu automatyzacji procesów przetwarzania, zobrazowania i przekazywania informacji. Systemy wspomaganie decyzji umożliwiają praktyczną realizację procesów podejmowania decyzji, a nie ich realizacji. Ich działanie jest zależne od okoliczności i od zadań jakie zostaną im postawione.

W przypadku sytuacji awaryjnych w nurkowaniu jest wiele dróg bezpiecznego opanowania danej sytuacji, a szczególności możliwości przebywania w danych warunkach ciśnienia, ciśnień parcjalnych gazów i komfortu cieplnego. Problemem o podstawowym znaczeniu jest podjęcie decyzji o zastosowaniu rekompresji leczniczej i sposobów ich realizacji. Same procedury rekompresji leczniczej nie wystarczają, a w przypadku braku lekarza w ekipie wspomaganie jest niezbędne. Nurkowy Komputer jest pierwszym środkiem wspomagania w nurkowaniu a jego algorytmy zawierają elementy systemów ekspertowych np. w kwestii wyboru i prowadzenia dekompresji.

Systemy ekspertowe (*expert systems*) to systemy informatyczne, które na podstawie wprowadzonej wiedzy potrafią wyciągać wnioski. Reprezentacja wiedzy w tych systemach ma charakter jawny. Jawny oznacza, że jest zapisana za pomocą możliwych do analizy i interpretacji symboli. Systemy ekspertowe czerpią z osiągnięć logiki, semiotyki i informatyki. Ich głównym zadaniem jest automatyzacja procesu wnioskowania i systematyzacja wybranej dziedziny wiedzy tak, aby w sytuacji, gdzie ekspert nie może być obecny lub gdy byłoby to zbyt drogie, laik mógł uzyskać fachową poradę. Tym bardziej że podczas nurkowania decyzję należy podjąć szybko i wdrażać ją w działanie.

Systemy ekspertowe starają się naśladować decyzje eksperta-człowieka w konkretnej wybranej dziedzinie i potrafią to robić w wielokrotnie powtarzalny i przyjazny dla użytkownika sposób. Podpowiadają więc decyzje lub rozwiązują jakiś problem na poziomie porównywalnym z ekspertem ludzkim, w jakiejś wyspecjalizowanej dziedzinie. Są one gałęzią stosowanej sztucznej inteligencji i starają się odtworzyć proces myślenia, jaki zachodzi u organizmów żywych. Nurkowanie jest specyficzną dziedziną dla systemów ekspertowych, gdyż rozwiązania oparte są tylko częściowo na ścisłych zasadach a większość ma charakter statystyczny lub oparty na doświadczeniu.

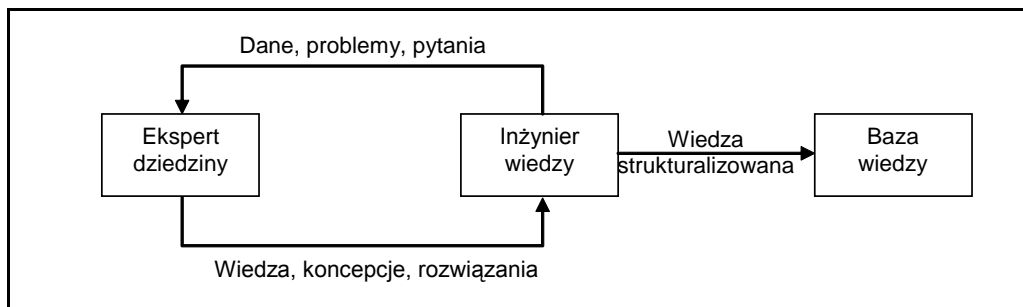
Podstawowa idea systemów ekspertowych polega na przeniesieniu zasobów wiedzy wykwalifikowanego eksperta do komputera, który wyposażony jest w specjalne reguły wnioskowania i język komunikacji z użytkownikiem. Wiedza ta stanowi podstawę dla programu komputerowego do przeprowadzania wnioskowania i generowania wyników zgodnych z wynikami, jakie podałby ekspert. Korzyści, jakie dzięki temu można uzyskać, to obniżenie kosztów i czasu ekspertyzy, szeroki dostęp do fachowej wiedzy, zrutynizowanie ekspertyzy, zmniejszenie ryzyka błędu, możliwość przeanalizowania większej przestrzeni danych niż byłby to w stanie zrobić ekspert. W pracach podwodnych i nurkowaniu wiedza ekspercka może się różnić, gdyż nawet przepisy wielu państw się różnią.



Rys. 1. Elementy systemu ekspertowego

Podstawowymi elementami systemu ekspertowego są: baza wiedzy, maszyna wnioskująca, interfejs użytkownika i baza objaśnień (rys. 1).

W bazie wiedzy znajdują się informacje o wybranej dziedzinie wiedzy, stanach środowiska, przekazane przez eksperta. Bazę wiedzy tworzy inżynier wiedzy pozyskując cenne informacje od eksperta (rys. 2). Musi ona być zapisana w postaci sformalizowanej, zrozumiałej dla maszyny wnioskującej. Wiedza w bazie wiedzy zapisana jest za pomocą symboli, dzięki temu łatwo można prześledzić sposób dojścia systemu do rozwiązania oraz przeanalizować poprawność bazy wiedzy.



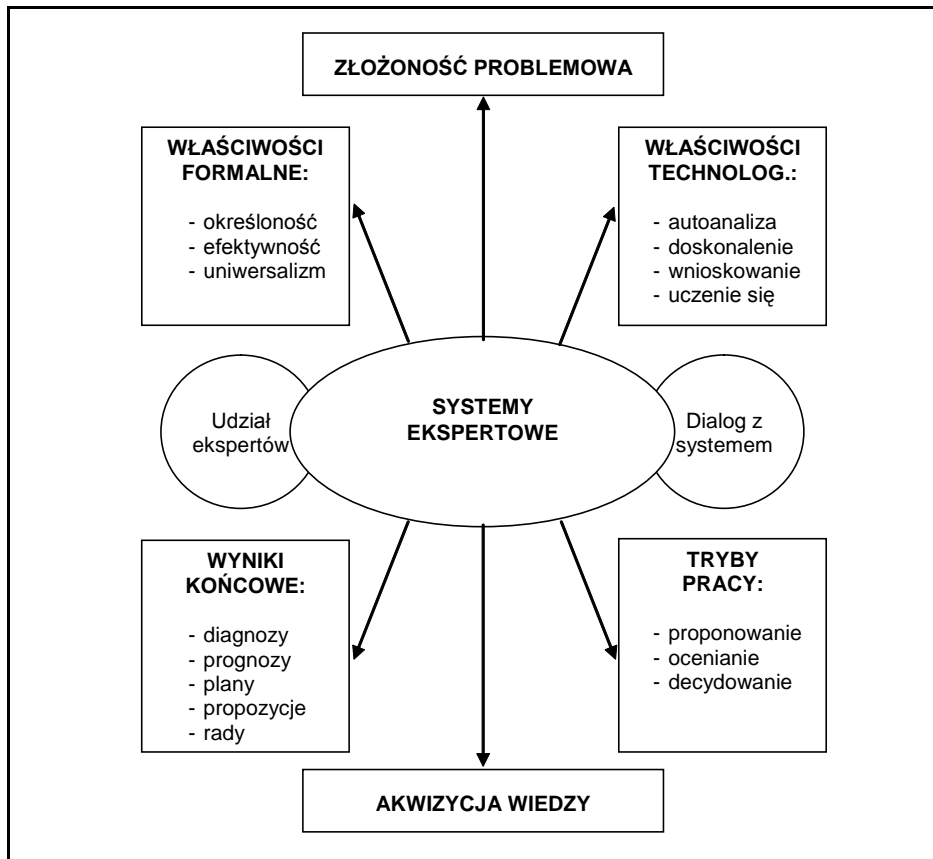
Rys. 2. Proces pozyskiwania wiedzy

Maszyna wnioskująca zajmuje się wyszukiwaniem rozwiązań w przestrzeni stanów środowiska. Jednym z podstawowych postulatów tworzenia systemów ekspertowych jest to, by maszyna wnioskująca była oddzielona od bazy wiedzy. Maszyna przeszukuje przestrzeń stanów środowiska za pomocą strategii przeszukiwań i heurystyk, stosując pewne metody wnioskowania. Strategie przeszukiwania mówią, w jaki sposób maszyna wnioskująca ma sprawdzać prawdziwość kolejnych stanów środowiska. Heurystyki pomagają zoptymalizować poszukiwania rozwiązań: pozwalają pominąć ścieżki, które nie roją nadziei na odnalezienie rozwiązania, skracają czas dochodzenia do wyniku itp. Metody wnioskowania decydują o tym, w jaki sposób zachodzi proces myślenia, czy jest to na przykład wnioskowanie wstecz (indukcja), wpród (dedukcja) lub inne.

Interfejs użytkownika umożliwia komunikację człowieka, podejmującego konsultację, z systemem ekspertowym. Pozwala on na zasięganie informacji od użytkownika, o stanie środowiska oraz generowanie wyniku, a także pokazywanie objaśnień do procesu wnioskowania. Interfejs uzależniony jest od rodzaju systemu operacyjnego, w jakim działa system ekspertowy i języka programowania, za pomocą którego został on stworzony.

Objaśnienia to informacje pozwalające na przeanalizowanie sposobu dojścia do rozwiązania oraz uzyskanie dokładniejszych danych o rozwiązaniu.

Ze względu na szereg zalet (rys. 3) systemy ekspertowe znajdują zastosowanie w niemal wszystkich dziedzinach działalności człowieka. Pomocne są wszędzie tam, gdzie istnieje duży zasób wiedzy, w oparciu o który trzeba podejmować wiele decyzji.



Rys. 3. Walory techniczno-użytkowe systemów ekspertowych

Zdarza się, że dokonywane przez system ekspertowy analizy mają wyższą wiarygodność od tych dokonywanych przez eksperta-człowieka. Może to wynikać z tego, że w systemie ekspertowym zazwyczaj umieszcza się wiedzę wielu ekspertów oraz, że program komputerowy nie popełnia błędów wynikających z rutyny.

WNIOSKI

Podsumowując rozważania należy zauważyć, że coraz większa ilość danych, będących podstawą do podejmowania decyzji podczas prowadzenia prac podwodnych wymaga zastosowania nowoczesnych technologii komputerowych.

Dane, stanowiące zbiór informacji o warunkach zewnętrznych prowadzonych prac, parametrach psychofizycznych nurka, systemach łączności oraz procedurach awaryjnych w różnego rodzaju sytuacjach razem z wiedzą tworzą bazę wiedzy.

Podstawowym elementem współcześnie stosowanych systemów informatycznych wykorzystywanych w prowadzeniu prac podwodnych powinna być baza wiedzy.

Analiza zasady funkcjonowania systemów ekspertowych dowodzi, że systemy te mogą być stosowane we wspomaganiu informatycznym prac podwodnych, gdyż stanowią one najlepszy sposób do formalizacji wiedzy ekspertów przydatnej szczególnie w sytuacjach awaryjnych.

Przepisy prawne winny być tak zmodyfikowane, aby w sposób jednoznaczny wskazywały możliwości wykorzystania wsparcia informatycznego podczas prowadzenia prac podwodnych.

LITERATURA

1. Ficoń K., „Systemy eksperckie w architekturze zautomatyzowanych systemów dowodzenia”, Zeszyty Naukowe AON, nr 1/1999;
2. Miszański W., „Decision Systems Engineering”, Proceedings of the V-th International Symposium Systems, Modeling, Control; October 1986, Zakopane.
3. Mulawka J., „Systemy ekspertowe”, ISBN 83-204-2196-9, PWN 1996;
4. Skrzyński S., Krasnodębski G., „Wykorzystanie technologii informatycznych w nurkowaniu”, VII Konferencja Naukowa PTMiTH, Sopot 2005;
5. Skrzyński S., Krasnodębski G., X Konferencja Morska „Aspekty bezpieczeństwa nawodnego i podwodnego oraz lotów nad morzem”, „Technologie informatyczne - możliwości i bariery w nurkowaniu”, Zeszyty Naukowe AMW, 2007;
6. Skrzyński S., Olszański R., Kłos R., „Problemy medycyny i techniki nurkowej”, Gdańsk, 1997.

Autorzy:

Stanisław Skrzyński – jest wieloletnim pracownikiem Zakładu Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. W latach 1991 – 2004. był Kierownikiem Zakładu. Od roku 2004 pracuje w Zakładzie jako pracownik cywilny na etacie adiunkta. Obszar jego zainteresowań naukowych obejmuje eksploatacje systemów hiperbarycznych i technologie prac podwodnych.

Grzegorz Krasnodębski – pracownik naukowo-dydaktyczny Akademii Marynarki Wojennej, przedmiotem zainteresowań dydaktycznych i naukowych są technologie informacyjne, bezpieczeństwo teleinformatyczne, badania operacyjne, modelowanie systemów, procesy podejmowania decyzji.

