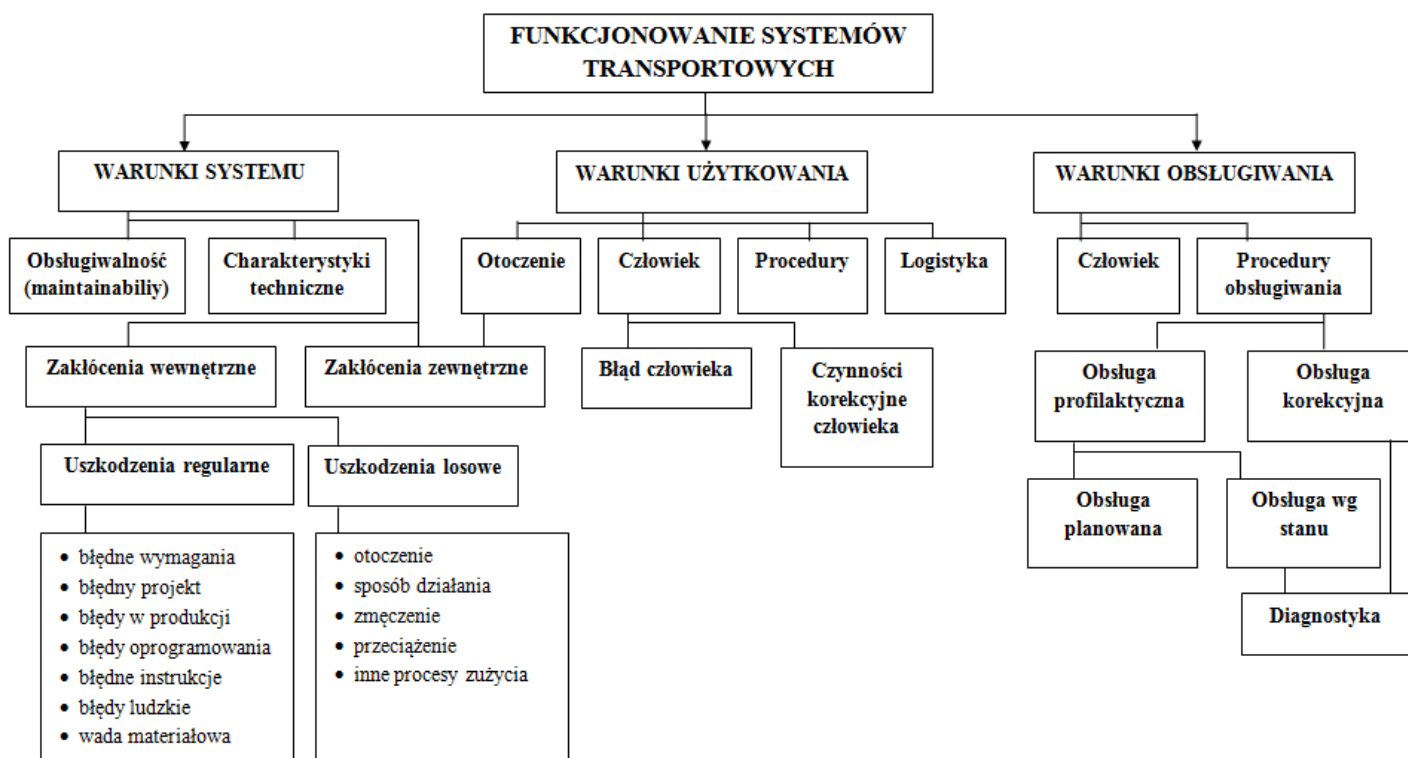


Koncepcja systemu wspomaganie decyzji w procesach utrzymania środków transportu

1. WPROWADZENIE

Jedną z tendencji we współczesnej teorii niezawodności i odnowy jest koncepcja minimalizacji opóźnień czasowych pojawiających się w procesie eksploatacji systemów technicznych, w tym transportowych [28]. Złożoność systemów, wyższe wymagania co do poziomu ich niezawodności i gotowości powodują, że przedsiębiorstwa zmuszone są do efektywnego planowania podstawowych procesów operacyjnych i wspierających [28].

Jednocześnie na poziom funkcjonowania dowolnego systemu technicznego mają wpływ [21] (rys. 1):



Rys. 1. Podstawowe elementy wpływające na poziom funkcjonowania systemu technicznego

Źródło: [21].

- warunki systemu (*systems conditions*) – związane z procesem projektowania i wytwarzania systemu technicznego i jego wpływem na proces uszkodzeń w okresie eksploatacji;
- warunki użytkowania (*operational conditions*) – pojawianie się uszkodzeń systemu jest uzależnione od procesu użytkowania (np. sposób obchodzenia się z obiektem technicznym przez operatora) oraz wpływu uwarunkowań zewnętrznych (otoczenia);
- warunki obsługi (*maintenance conditions*) – rodzaj i chwile podejmowanych operacji obsługi mają znaczący wpływ na podstawowe charakterystyki niezawodnościowe systemu.

¹ tomasz.nowakowski@pwr.wroc.pl

² sylwia.werbinska@pwr.wroc.pl

Właściwa organizacja procesów może zostać oparta na wykorzystaniu tzw. systemów wspomaganie decyzji (swd). Mają one za zadanie wspomaganie procesu podejmowania decyzji poprzez ułatwienie i polepszanie fachowej oceny problemów będących przedmiotem decyzji czyli poprawienie efektywności decydowania dzięki wsparciu informacyjnemu i obliczeniowemu [22].

Definiując pojęcie decyzji, określamy je jako *świadomy, nielosowy wybór jednego z rozpoznanych i uznanych za możliwe do realizacji wariantów przyszłego działania* [5]. W związku z tym, decyzja to wybór sposobu działania w celu rozwiązania określonego problemu oparty na dostępnej informacji. Podjęcie decyzji prowadzi zawsze do określonych skutków, których konsekwencją może być wykonanie lub zaniechanie określonego działania [25].

Jednocześnie wyróżnia się wiele rodzajów podejmowanych decyzji, w zależności od przyjętego kryterium klasyfikacji. W pracy [25], autor przedstawił główne typy decyzji w zależności od:

- kryterium kto podejmuje decyzje – podział obejmuje decyzje grupowe/indywidualne;
- kryterium informacji, będących podstawą podjęcia decyzji – wyróżniono decyzje podejmowane w warunkach pewności/ryzyka/niepewności;
- kryterium procedury podejmowania decyzji – co pozwoliło na definicję decyzji programowalnych/nieprogramowalnych;
- kryterium rodzaju problemów, które są rozwiązywane – określono decyzje operacyjne/strategiczne/taktyczne.

Rozpatrując dowolny system transportowy, w którym podstawową funkcją jest realizacja procesu przemieszczania ludzi lub materiałów z miejsca A do miejsca B w sposób bezpieczny, efektywny, oraz ekologiczny [6], podstawowe decyzje w analizowanym obszarze można zaklasyfikować do trzech głównych grup:

- zadania utrzymania systemu technicznego w stanie zdatności funkcjonalnej, obejmujące strategie utrzymania infrastruktury transportowej, obiektów transportowych oraz systemów sterowania ruchem;
- zadania zapewnienia bezpieczeństwa systemu technicznego (unikanie zdarzeń niebezpiecznych oraz zabezpieczenie przed skutkami zdarzeń niebezpiecznych);
- zadania związane z zapewnieniem funkcjonalności systemu transportowego (organizacja zadań oraz zarządzanie procesami transportowymi).

Ponadto, identyfikacja systemu transportowego wymaga znajomości trzech obszarów [6]:

- komponentów systemu – wiedza o ich typie, ilości, charakterystykach niezawodnościowych;
- realizowanych zadań operacyjnych i obsługiwanian;
- elementów wpływających na procesy podejmowania decyzji w systemie.

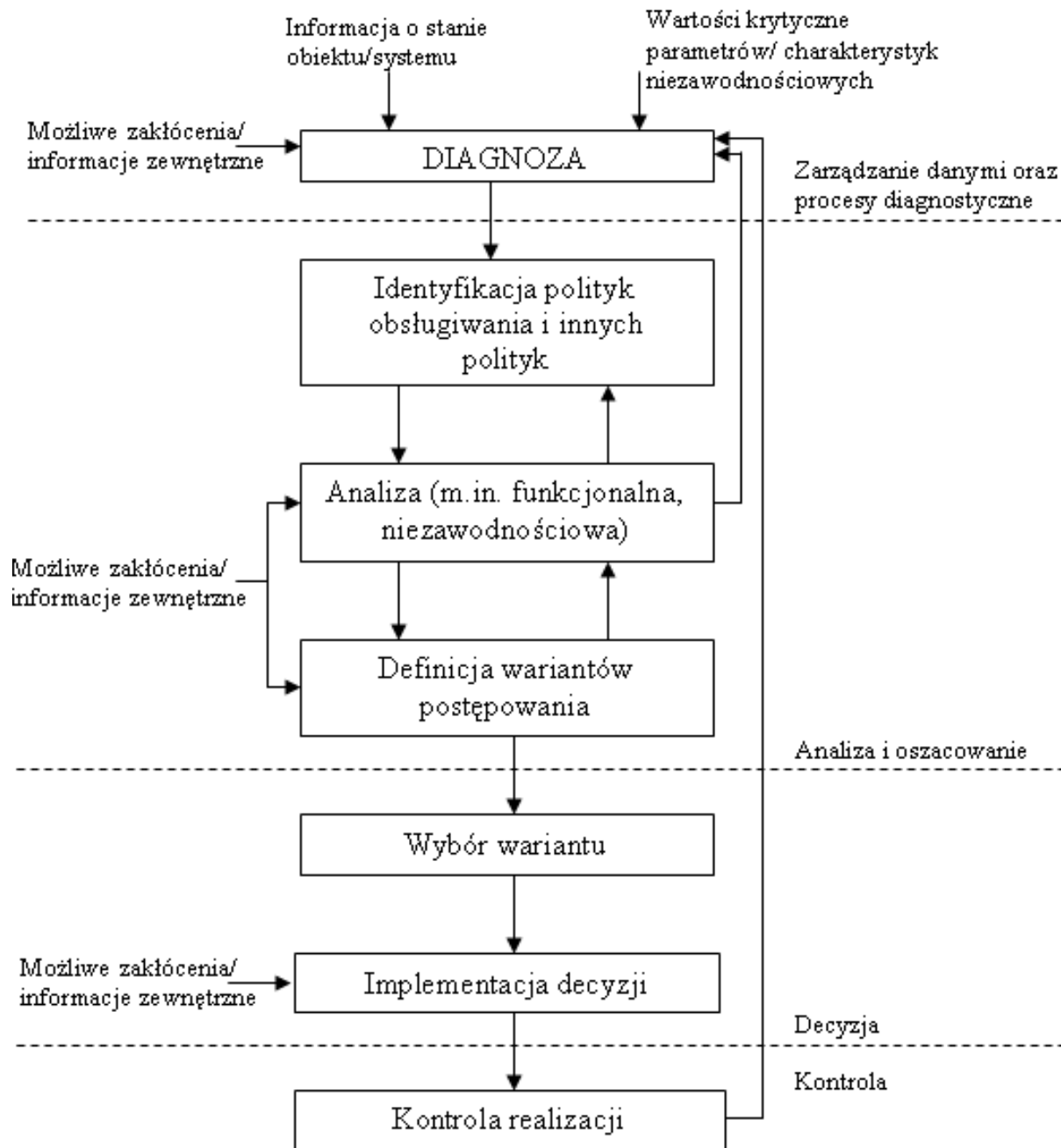
Podstawowym problemem w eksploatacji obiektów technicznych, w tym środków transportu, jest określenie przez odpowiedniego decydenta sposobu, bieżącego lub przyszłego, obchodzenia się z obiektem. Do podjęcia stosownych decyzji jest niezbędne określenie stanu obiektu, czy typu strategii obsługiwanian niezbędnej do zastosowania w danej sytuacji eksploatacyjnej. Skuteczność podjętej decyzji jest bezpośrednio uzależniona od szybkości jej podjęcia oraz trafności.

Proces podejmowania decyzji obejmuje etapy rozpoznania i analizy wszystkich dostępnych informacji dotyczących problemu, następnie oszacowania rozstrzygnięć i wyboru optymalnego rozwiązania [25]. W obszarze utrzymania środków transportu, podstawowe etapy procesu decyzyjnego przedstawiono na rysunku 2.

Zapewnienie wysokiej jakości procesu decyzyjnego możliwe jest m.in. dzięki zastosowaniu systemów wsparcia decyzyjnego. System typu swd wspiera niektóre lub wszystkie fazy procesu decyzyjnego, a więc: gromadzenie informacji, rozpoznanie problemu, zaklasyfikowanie go do określonej grupy standardowej, tworzenie modelu informacyjnego opisującego rzeczywistość, jego rozwiązanie, generowanie wariantów dopuszczalnych rozwiązań oraz pomoc w wyborze najlepszego rozwiązania [7].

W artykule autorzy skupili się na przedstawieniu koncepcji systemu wspomaganian decyzji w wybranym obszarze funkcjonowania systemów transportowych. Przedmiotem ich zainteresowania jest zagadnienie utrzymania środków transportowych. W związku z tym, w kolejnym punkcie przedstawili

przegląd literatury obejmujący problematykę modelowania systemów wspomaganie decyzji w obszarze logistyki i transportu. Następnie, omówili proces podejmowania decyzji dotyczących utrzymania środków transportu oraz określili podstawowe założenia do modelu wraz ze wskazaniem potencjalnych problemów do rozwiązania w tym obszarze.



Rys. 2. Proces decyzyjny w obszarze utrzymania środków transportu

Źródło: opracowanie własne.

2. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI W OBSZARZE FUNKCJONOWANIA SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH – PRZEGLĄD LITERATURY

Systemy wspomaganie decyzji ewoluowały z prowadzonych w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku przez Carnegie Institute of Technology teoretycznych badań nad sposobami podejmowania decyzji w organizacjach oraz z prac technicznych nad interaktywnym systemem komputerowym

realizowanych przez Massachusetts Institute of Technology [23]. Historia rozwoju systemów wspomaganie decyzji została przedstawiona m.in. w pracach [4, 7, 17, 23].

Jednocześnie w literaturze można znaleźć szereg klasyfikacji systemów swd. Przykładowo, w pracy [4] omówiono m.in. podział swd na systemy pasywne, aktywne i kooperacyjne. Z kolei w pracy [17] wyróżniono i scharakteryzowano:

- Systemy Transakcyjne (Transaction Processing Systems – TPS),
- Systemy Informacyjne Zarządzania (Management Information Systems – MIS),
- Systemy Wspomagania Decyzji (Decision Support Systems – DSS).

W pracy [7] zdefiniowano podstawowe swd wykorzystywane w praktyce, wraz z omówieniem zagadnienia niezawodności swd. Skupiono się na omówieniu Systemów Informowania Kierownictwa (EIS – Executive Information Systems) oraz Systemów Ekspertowych (ES – Expert System). Szerzej przeanalizowano systemy wspomaganie decyzji oferowane przez wybranych producentów, które dobrano ze względu na poziom zróżnicowania profili i zastosowań (np. system InsERT Analityk, czy swd Matrix).

Ponadto, typ swd zależy od ich zastosowania. Przykładowe zastosowania swd obejmują obszary [7]:

- finansów (np. analizy ryzyka rentowności inwestycji, efektywności, zarządzanie kosztami);
- marketingu (np. analizy rynku, planowanie i analiza wyników sprzedaży);
- produkcji i logistyki (np. optymalizacja procesów produkcyjnych, czy transportowych);
- dotyczące zarządzania zasobami ludzkimi (np. planowanie czasu pracy, planowanie płac, analiza rotacji kadr).

Z punktu widzenia celu realizowanej publikacji, autorzy skupili się na modelach proponowanych w obszarze logistyki i transportu.

System kompleksowego wspomaganie decyzji logistycznych w sferze zaopatrzenia i dystrybucji dla małych lub średnich przedsiębiorstw przemysłowych bazujący na systemie eksperckim został omówiony m.in. w pracy [26]. Komputerowy system wspomaganie decyzji w gospodarce magazynowej w sferze dystrybucji został z kolei przedstawiony w pracy [2]. Obszar planowania produkcji został z kolei przeanalizowany w pracy [25], gdzie przedstawiono system ekspertowy wspomaganie decyzji w procesach przygotowania produkcji.

Model komputerowego wspomaganie decyzji strategicznych w zarządzaniu przedsiębiorstwem przemysłowym przedstawiono w pracy [3], natomiast problematyka projektowania systemów wspomaganie podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie została omówiona w pracy [24].

Model SMILE (Strategic Model for Integrated Logistic Evaluations), zaprojektowany w celu wsparcia podejmowania decyzji strategicznych dla przedsiębiorstw z sektora transportu i logistyki zaproponowano w pracy [27]. W pracy omówiono projekt swd opracowany przez Ministerstwo Transportu, organizacje naukowe Holandii (NEI) i TNO Inro dla potrzeb realizacji przepływów ładunków na i poza terytorium Holandii. Ponadto, w pracy [20] przedstawiono system wspomaganie decyzji w obszarze wyboru optymalnego w danych warunkach rodzaju transportu. Rozwiązanie oparto na metodzie Analitycznego Procesu Hierarchicznego (AHP – Analytical Hierarchy Process), będącej wielokryterialnym podejściem do rozwiązywania wielu problemów decyzyjnych m.in. w obszarze logistyki (np. zadanie oceny i wyboru dostawcy).

Informatyczne systemy zarządzania procesem eksploatacji można m.in. znaleźć w pracy [9], gdzie skupiono się na maksymalizacji wykorzystania potencjału eksploatacyjnego górniczych przenośników taśmowych, czy w pracy [10], gdzie przedstawiono prototyp komputerowo wspomaganego systemu przydziału zadań eksploatacyjnych realizowanych w siłowni okrętowej. Natomiast w pracy [12] przedstawiono koncepcję systemu wspomaganie decyzji eksploatacyjnych, remontowych i modernizacyjnych w zakresie trwałości turbin parowych. Przykład zastosowania swd w obszarze transportu lotniczego można znaleźć m.in. w pracy [29], gdzie omówiono model bazujący na wykorzystaniu FPN (Fuzzy Petri Nets). Z kolei w pracy [15] przedstawiono system ekspertowy wspomaganie podejmowanie decyzji w obszarze planowania obsługi środków transportu kolejowego (np. wymiany obiektów technicznych). W pracy [18] omówiono system doradczy do wspomaganie prognozowania niezawodności

obiektów mechanicznych opracowany z zastosowaniem edytora szkieletowego systemu ekspertowego EXSYS Professional. Natomiast w pracy [11] autor skupił się na opracowaniu systemu wspomaganie decyzji w planowaniu przeglądów i remontów w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

W obszarze funkcjonowania systemów transportu pasażerskiego jednym z obszarów zastosowania swd jest problematyka harmonogramowania czasu podróży w oparciu o rozkłady jazdy (np. [16]). Natomiast w pracy [8] przeanalizowano możliwości zamodelowania systemu wspomaganie decyzji w obszarze planowania zadań transportowych z wykorzystaniem systemu GIS (Geographic Information System). Z kolei w pracy [1] przedstawiono możliwości zastosowania swd w obszarze planowania zadań transportowych w regionie Lombardii we Włoszech. Zastosowanie systemu typu „multi-agent” w celu wspomaganie decyzji w obszarach zarządzania ruchem miejskim w Bilbao oraz zarządzania flotą autobusów sieci publicznej rejonu Malaga w Hiszpanii przedstawiono w pracy [19].

3. KONCEPCJA SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI W OBSZARZE UTRZYMANIA ŚRODKÓW TRANSPORTU

W literaturze istnieje wiele definicji pojęcia system wsparcia decyzyjnego [4]. Bazując na jednej z nich, komputerowym systemem wsparcia decyzyjnego (swd) można nazwać relacyjną bazę danych, której zadaniem jest wygenerowanie statystycznie przetworzonych wyników, ułatwiający planiście podjęcie optymalnej decyzji dotyczącej wybranego procesu [11]. W takim przypadku podstawowe elementy systemu obejmują:

- zbiór danych wraz z regułami określającymi ich wykorzystanie (baza danych),
- bazę modeli tworzących mechanizm ich wykorzystania (baza wiedzy) – bazy danych, arkusze kalkulacyjne, fakty, reguły, modele, grafika,
- interfejs użytkownika – menu i język poleceń wydawanych systemowi.

W obszarze funkcjonowania systemów transportowych, swd można opracować np. w oparciu o hurtownię danych oraz metody eksploracji danych. Budowa takiego systemu wymaga zazwyczaj opracowania procesów służących do gromadzenia informacji, a następnie zbudowania modułów wspomagających decyzje. W praktyce, tego typu systemy wykorzystywane są np. do budowania systemów raportujących (np. Thomson Displays Polska). W analizowanym obszarze badawczym mogą być wykorzystane np. w procesie prognozowania zapotrzebowania na określone części zamienne w zadanym przedziale czasu, analizy możliwości opóźnienia pociągów, czy analizy kosztowej.

Druga możliwość obejmuje zastosowanie metody Drzew Niezdatności z Zależnościami Czasowymi (DNZC) do monitorowania pracy systemu w celu sprawdzenia czy nie zaszły pewne zdarzenia, które mogą spowodować tzw. hazard (np. niezdatność systemu). Badania metody DNZC w obszarze możliwości jej aplikacji w procesie funkcjonowania systemów transportowych zostały ujęte m.in. w [13,14]. Innym rozwiązaniem jest budowa systemu w oparciu o reguły eksperckie [18]. System ekspertowy definiowane jest jako program komputerowy, który wykorzystuje wcześniej zgromadzoną wiedzę oraz określone procedury rozumowania do wspomaganie podejmowania decyzji i rozstrzygania problemów o wysokim stopniu złożoności, których rozwiązanie wymaga specjalistycznej wiedzy eksperta [25].

Analizując problematykę funkcjonowania systemów transportowych w obszarze eksploatacji podstawowe problemy decyzyjne mogą dotyczyć zadań:

- Jak często obiekty powinny być naprawiane, przeglądane okresowo?
- Czy struktura systemu technicznego jest bezpieczna?
- Jak najefektywniej zorganizować procesy obsługiwanie?
- Jaką strategię obsługiwanie przyjąć?
- Jak prognozować poziom niezawodności obiektu technicznego?

Celem eksploatacji dowolnego środka technicznego jest jego efektywne wykorzystanie zgodnie z przeznaczeniem [12]. W przypadku systemu transportowego, zadania eksploatacji można zdefiniować następująco:

- dostosowanie podaży usług transportowych do zmieniającego się popytu pod względem ilościowym i jakościowym,
- realizacja zadań transportowych przy minimum sumarycznych kosztów funkcjonowania systemu w dłuższych okresach.

Na tej podstawie można sformułować podstawowe cele eksploatacji systemu i kryteria oceny warunków pracy środków transportu.

Przedmiotem niniejszej pracy są założenia systemu wspomaganie decyzji w obszarze utrzymania środków transportu. Zakres prowadzonych badań obejmuje opracowanie metod i algorytmów doboru strategii obsługi dla elementów lub obiektu (klasyczna/DTA). Rozwiązanie zostało zdefiniowane w postaci reguł decyzyjnych. Reguły te stanowią podstawę komputerowej procedury wspomaganie decyzji. Podstawowe kryteria w podejmowaniu decyzji obejmują: efektywność ekonomiczną, niezawodność i bezpieczeństwo.

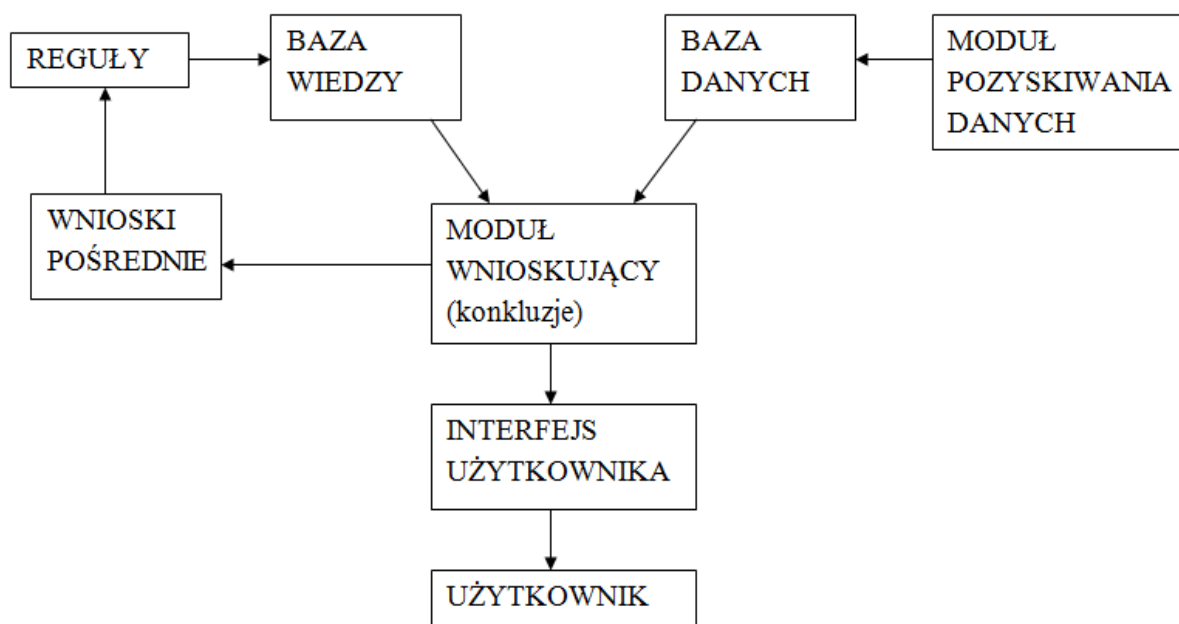
W opracowanej procedurze wspomaganie decyzji wykorzystano następujące wielkości charakteryzujące kryteria podejmowania decyzji:

- oczekiwany (całkowity/w jednostce czasu) koszt eksploatacji obiektu,
- oczekiwany okres rezerwy czasowej,
- gotowość obiektu,
- akceptowalna wielkość ryzyka.

Podstawowe przesłanki wykorzystywane w procesie podejmowania decyzji eksploatacyjnych to aktualny stan techniczny obiektu, normatywy remontowe, oraz dostępność danych wejściowych. Analiza ilościowa podanych kryteriów zostanie przeprowadzona w kolejnych etapach opracowania systemu wspomaganie decyzji w badanym obszarze oraz omówiona w kolejnych pracach naukowych.

3.1. Procedura wspomaganie decyzji

Procedura wspomaganie decyzji w obszarze utrzymania środków transportu została przedstawiona na rysunku 3. Stanowi ona uproszczoną postać doradczego systemu ekspertowego. Podstawowym zadaniem systemu jest przedstawienie potencjalnych rozwiązań, na podstawie których użytkownik może podejmować ostateczne decyzje. Dwoma podstawowymi elementami takiego systemu są BAZA WIEDZY, w której gromadzona jest wiedza z wykorzystaniem określonej metody reprezentacji wiedzy, oraz BAZA DANYCH zawierająca niezbędne dane do przeprowadzenia procedury wnioskowania.



Rys. 3. Podstawowe elementy swd w obszarze utrzymania środków transportu

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku omawianego systemu wspomagania decyzji eksploatacyjnych podstawowymi danymi są:

- oczekiwania użytkownika,
- parametry strategii obsługiwanego.

Dane te uszczegółowione i przedstawione w postaci ilościowej stanowią przesłanki reguł, na podstawie których podejmowana jest decyzja.

W analizowanym rozwiązaniu implementacja wiedzy jest realizowana z wykorzystaniem sposobu zapisu w postaci reguł.

Reguły zapisane są za pomocą prostych zdań logistycznych. Najprostsza reguła ma następującą postać:

JEŻELI (ang. IF) – przesłanka – TO (ang. THEN) – konkluzja

w której przesłanka określa warunki, których spełnienie pozwala na przyjęcie konkluzji.

Proste zdania logiczne można łączyć w skomplikowane reguły za pomocą funktorów: *i* (ang. and), *lub* (ang. or), a także w *przeciwnym wypadku* (ang. else) na zasadzie:

JEŻELI – przesłanka 1 – I – przesłanka 2 – TO – konkluzja 1 – ELSE (LUB) – konkluzja 2

Ze względu na sposób uzyskania ostatecznych decyzji w procesie wnioskowania można wyróżnić dwa rodzaje reguł:

- reguły proste (pośrednie) – o postaci wniosków pośrednich, nie dających ostatecznych konkluzji;
- reguły złożone (ostateczne) – umożliwiające podejmowanie ostatecznych decyzji, ponieważ każda z reguł zawiera wniosek końcowy będący propozycją działania.

Wartości logiczne poszczególnych reguł można zapisać w postaci wektorów wiedzy (WW) o postaci:

$$WW = [w_{ij}] \quad (1)$$

gdzie:

$i = 1, \dots, r$ – numer reguły, $j = 1, \dots, p, p+1, \dots, k$ – numer stwierdzenia, przy czym stwierdzenia:

$j = 1, \dots, p$ – należą do zbioru przesłanek, $j = p+1, \dots, k$ – należą do zbioru konkluzji

3.2. Komputerowa procedura wspomagania decyzji

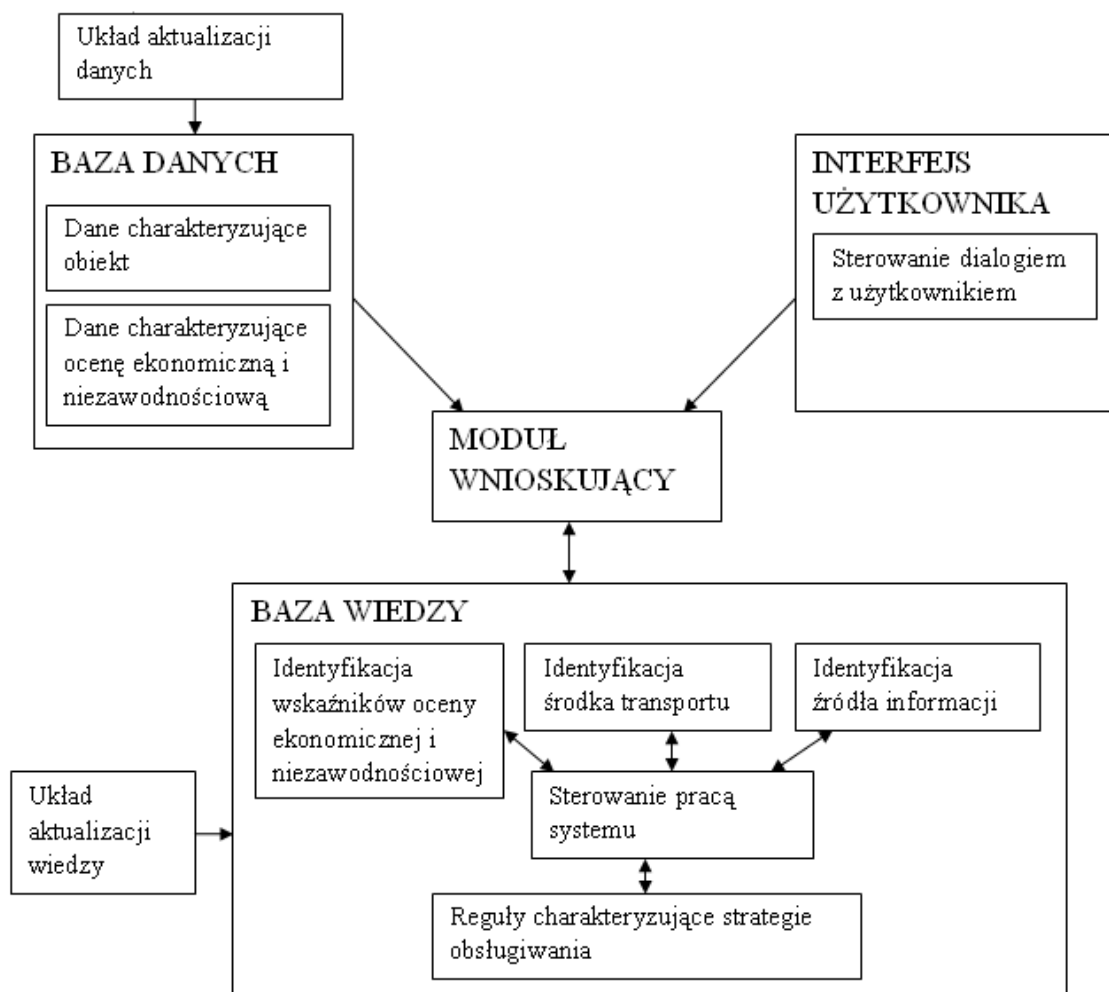
System doradczy zostanie opracowany jako program komputerowy umożliwiający łatwiejsze i szybsze uzyskiwanie konkluzji. Ogólną strukturę danego programu przedstawia rysunek 4.

Celem działania systemu jest wskazanie możliwej strategii obsługiwanego obiektu w oparciu o oszacowane wartości wybranych wskaźników eksploatacji i niezawodności.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony artykuł stanowi pierwszy krok w budowie systemu wspomagania decyzji w obszarze utrzymania środków transportu. W rezultacie podstawowe problemy, które należy obecnie rozwiązać obejmują m.in. definicję parametrów/charakterystyk niezawodnościowych poddawanych ocenie w procesie diagnozy, czy definicji zmiennych decyzyjnych wpływających na wybór strategii eksploatacji (np. rezerwy taboru transportowego, wpływ procesu podstawowego na stan techniczny pojazdów).

W efekcie przeprowadzonych prac w ramach omawianego zagadnienia, możliwe będzie opracowanie niezbędnej bazy wiedzy w procesie identyfikacji systemu transportowego (oszacowanie parametrów, określenie założeń) przy uzupełnieniu przeprowadzonych badań formalnych o analizę funkcjonowania rzeczywistych systemów transportowych.



Rys. 4. Schemat systemu wsparcia decyzyjnego w obszarze utrzymania środków transportu

Źródło: opracowanie własne.

Streszczenie

W artykule skupiono się na omówieniu koncepcji systemu wspomaganie decyzji w obszarze utrzymania środków transportowych. Zdefiniowano podstawowe decyzje, jakie są podejmowane w procesie funkcjonowania systemów transportowych. Przedstawiono przegląd literatury obejmujący problematykę modelowania systemów wspomaganie decyzji w analizowanym obszarze. Przedstawiono proces podejmowania decyzji dotyczących utrzymania środków transportu oraz określono podstawowe założenia do modelu wraz ze wskazaniem potencjalnych problemów do rozwiązania w tym obszarze.

Słowa kluczowe: system transportowy, procesy utrzymania, system wspomaganie decyzji.

Decision support problems in transportation means' maintenance processes performance

Abstract

The article is focused on the investigation of conception of decision support systems for means of transport maintenance processes performance. Thus, the main decisions being taken in the area of transportation systems performance are defined. Later, the main literature overview on decision support systems modelling in the chosen area is given. Moreover, there are presented the main steps in transportation means' maintenance decision processes performance and the main assumptions taken in authors solution. There are also underlined the potential problems, which will have to be solved during the next steps of the researchers performance.

Key words: transportation system, maintenance process, decision support system.

LITERATURA

- [1] Burla M., Laniado E., Romani F., Tagliavini P.: The Role of Decision Support systems (DSS) in Transportation Planning: the Experience of the Lombardy Region, Proceedings of Seventh International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Molde, Norway, 25-28 June 2001.
- [2] Chodak G.: System wspomaganie decyzji w gospodarce magazynowej w sferze dystrybucji, Rozprawa doktorska PWr., Wrocław, 2001.
- [3] Czerwiński J.: Studium komputerowego system wspomaganie decyzji strategicznych w zarządzaniu przedsiębiorstwem przemysłowym, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Administracji i Biznesu w Gdyni, nr 3, 2000.
- [4] Decision Support Systems, www: <http://diuf.unifr.ch/ds/courses/dss2002/pdf/DSS.pdf> (22.03.2012).
- [5] Durlik I.: Inżynieria zarządzania, strategia i projektowanie systemów produkcyjnych, cz. II, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 1996.
- [6] Fricker J. D., Whitford R. K.: Fundamentals of Transportation Engineering. A Multimodal Systems Approach, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, USA 2004.
- [7] Grobark I., Grzywański Ł., Mączka I., Tomalik D., Twórz K.: Niezawodność Systemów Wspomaganie Decyzji, PWr., Wrocław maj 2007, www: <http://www.ioz.pwr.wroc.pl/Pracownicy/mercik/zbiory/Prezentacje%202007/z3-opracowanie.pdf> (22.03.2012).
- [8] Han K.: Developing a GIS-based Decision Support System for Transportation System Planning, AASHTO GIS-T 2006, www: <http://www.gis-t.org/files/gnYKJ.pdf> (23.03.2012)
- [9] Kacprzak M., Kulinowski P., Wędrychowicz D.: Informatyczny system zarządzania procesem eksploatacji górniczych przenośników taśmowych, Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, nr 2, 2011.
- [10] Kamiński P., Tarełko W.: Prototyp komputerowo wspomaganego systemu przydziału zadań eksploatacyjnych realizowanych w siłowni okrętowej, Przegląd Mechaniczny, R 67, nr 3, 2008.
- [11] Kantor J.: Komputerowy system wspomaganie decyzji w planowaniu przeglądów i remontów w przedsiębiorstwie produkcyjnym, Rozprawa doktorska PWr., Wrocław 2009.
- [12] Kosman G., Rusin A.: Koncepcja systemu wspomaganie decyzji eksploatacyjnych i remontowych w zakresie trwałości turbin, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Energetyka, Z.131, nr kol. 1427, 1999.
- [13] Kowalski M., Magott J., Nowakowski T., Werbińska - Wojciechowska S.: Analysis of transportation system with the use of Petri nets, Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, nr 1, 2011.
- [14] Magott J., Nowakowski T., Skrobanek P., Werbińska-Wojciechowska S.: Logistic system modelling using fault trees with time dependencies – example of tram network, Reliability, risk and safety: theory and applications. Vol. 3, eds. Radim Briš, C. Guedes Soares, Sebastián Martorell. Taylor & Francis, London 2010.
- [15] Martland C. D., McNeil S., Acharya D, Mishalani R.: Applications of expert systems in railroad maintenance: scheduling rail relays, Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 24A, No. 1, 1990.
- [16] Mendes-Moreira J., Duarte E., Belo O.: A decision support system for timetable adjustments, Proceedings of the XIII Euro Working Group on Transportation Meeting (EWGT 2009) - September 2009.
- [17] Moore J., H., Chang M. G.: Design of Decision Support Systems, ACM SIGMIS Database - Selected papers on decision support systems from the 13th Hawaii International Conference on System Sciences, Vol. 12, Issue 1-2, ACM New York, NY, USA Fall 1980.
- [18] Nowakowski T.: Metodyka prognozowania niezawodności obiektów mechanicznych, Praca naukowa Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999.
- [19] Ossowski S., Fernandez A., Serrano J. M., Perez-de-la-Cruz J. L., Belmonte M. V., Hernandez J. Z., Garcia-Serramp A. M., Maseda J. M.: Designing Multiagent Decision Support System The Case of Transportation Management, Proceedings of AAMAS'04, July 19-23 2004, New York, USA.
- [20] Ozceylan E.: A Decision Support System to Compare the Transportation Modes in Logistics, International Journal of Lean Thinking, Vol. 1, Issue 1, (June) 2010.
- [21] Patra A. P.: Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure using RAMS & LCC Analyses, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Lulea 2009.
- [22] Penc J.: Decyzje w zarządzaniu, Wyd. Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 1995.
- [23] Power, D. J.: A Brief History of Decision Support Systems, DSSResources.COM, www: <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, version 4.0, March 10, 2007.
- [24] Rączka K., Kowalski M.: Systemy wspomagające podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwie, Inżynieria Rolnicza, nr 6(94), 2007.
- [25] Sala D.: Wspomaganie decyzji w procesach przygotowania produkcji z wykorzystaniem systemu ekspertowego, Rozprawa doktorska AGH, Kraków 2007.

- [26] Skołod B., Kalinowski K., Krenczyk D., Kampa A., Gołda G., Dobrzańska-Danikiewicz A.: Systemy wspomaganie decyzji w planowaniu i sterowaniu produkcją, *Przegląd Mechaniczny*, R. 64, nr 5, 2005.
- [27] Tavasszy L.A., Van Der Rest H.: Scenario-Wise Analysis of Transport and Logistics Systems with a SMILE, *Selected Proceedings of the 8th World Conference on Transportation Research*, 1999.
- [28] Werbińska S.: Model logistycznego wsparcia systemu eksploatacji środków transport, *Rozprawa doktorska PWr.*, Wrocław 2008.
- [29] Zhang P., Zhao S-W., Tan B., Yu L-M., Hua K-Q.: Applications of Decision Support System in Aviation Maintenance, *Efficient Decision Support Systems - Practice and Challenges in Multidisciplinary Domains*, Prof. Chiang Jao (Ed.), InTech, 2011, [www: http://www.intechopen.com/books/efficient-decision-support-systems-practice-and-challenges-in-multidisciplinary-domains/applications-of-decision-support-system-in-aviation-maintenance](http://www.intechopen.com/books/efficient-decision-support-systems-practice-and-challenges-in-multidisciplinary-domains/applications-of-decision-support-system-in-aviation-maintenance).