

Mieczysław Kornaszewski

# Wspomaganie podejmowania decyzji w procesie eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2018.433

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

Rosnące wymagania bezpieczeństwa stawiane urządzeniom sterowania kolejowym sprawiają, że coraz większego znaczenia nabierają zagadnienia racjonalnego podejmowania decyzji w zarządzaniu procesem eksploatacji tych urządzeń. Zarządzanie obejmuje działania konieczne dla efektywnej realizacji procesu eksploatacji i obejmuje umiejętności jednoznacznego sprecyzowania celu działania, przygotowanie potrzebnych zasobów, ułożenie planu prac oraz kontrolę przebiegu ich realizacji. Realizacja każdej z wymienionych funkcji wymaga od człowieka podejmowania skomplikowanych decyzji.

**Słowa kluczowe:** eksploatacja urządzeń, wspomaganie decyzji, sterowanie ruchem kolejowym.

## Wstęp

Podejmowanie decyzji odbywa się zawsze w warunkach pewności lub niepewności. Drugi wariant jest bardzo ważny, ponieważ może obejmować wiele prawdopodobnych do zaistnienia zdarzeń dla każdej sytuacji. Jest to szczególnie istotne w przypadku zarządzania procesem eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym, od których zależy bezpieczeństwo przemieszczających się ludzi [13].

Problem eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk) można sformułować na różnym poziomie ogólności, przy czym dla każdego problemu należy dobrać skalę odniesienia tak, aby nie ulec skrajnościom (bardzo ogólnie lub bardzo szczegółowo). Uogólnianie problemów pozwala na budowanie dla danej klasy zjawisk eksploatacyjnych tzw. modelu matematycznego. Na podstawie analizy takiego modelu można prognozować przebieg pewnych zjawisk. Przy znajomości zachowania się urządzeń srk istnieje możliwość poszerzenia zakresu informacji wspomagających podejmowanie decyzji eksploatacyjnych dotyczących urządzeń sterowania ruchem kolejowym [7].

Modelowanie pełni szczególną rolę w naukach technicznych, poddając złożone systemy techniczne badaniom występujących w nich relacji i procesów. Odnosi się m.in. do jakościowych i ilościowych metod analizy, optymalizacji i eksperymentów oraz do różnych zastosowań w projektowaniu, planowaniu, wytwarzaniu, sterowaniu, itd. W ogólnym ujęciu modelowanie to przybliżone odtwarzanie najważniejszych właściwości oryginału. Podstawowym celem modelowania w nauce jest uproszczenie złożonej rzeczywistości, pozwalające na poddanie jej procesowi badawczemu.

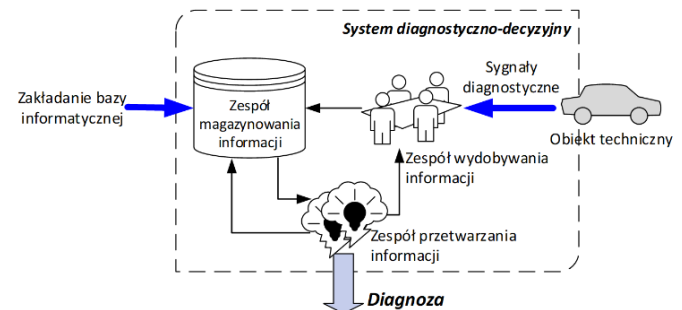
## 1. Procesy informacyjno-decyzyjne w eksploatacji obiektów technicznych

Treść i forma dostarczanych informacji o obiekcie powinny być przystosowane do możliwości percepcyjno-decyzyjno-wykonawczych jej odbiorcy, w przeciwnym wypadku najczęściej prowadzi do powstawania strat. Jeśli ilość informacji jest zbyt duża to może okazać się, że nie jest ona w pełni wykorzystywana i może to przynosić straty, np. wynikające z niepotrzebnych nakładów na

coś co nie jest konieczne. Natomiast gdy ilość informacji jest zbyt mała, to podejmowane decyzje zwykle nie są optymalne, co zwiększa straty powstające podczas realizacji zadania. Dlatego też wydaje się celowe stosowanie rozwiązań kompromisowych. Najkorzystniej jest wtedy zastosować odpowiednie narzędzia diagnostyczne, które dostarczając informacje umożliwią podjęcie optymalnych (w sensie przyjętego kryterium) decyzji.

Utrzymywanie urządzeń w stanie zdatności wymaga ciągłego identyfikowania i lokalizowania uszkodzeń, obserwacji i analizy procesów fizycznego zużycia się elementów oraz usuwania zaistniałych uszkodzeń i skutków zużycia. Do planowania i realizacji procesów obsługiwanie niezbędne są wiarygodne informacje o aktualnym stanie eksploatowanych urządzeń, a także prognozy dotyczące stanów przyszłych. Informacje te są uzyskiwane w procesach badania stanu urządzeń metodami diagnostyki technicznej [1, 11].

Eksploatowanie obiektów technicznych jest więc procesem ciągłego decydowania, a tym samym procesem świadomego wyboru jednego z rozpoznanych i uznanych za możliwe wariantów przyszłego działania. Ten akt wyboru obejmuje zwykle trzy podstawowe fazy [5].



**Rys. 1.** Schemat procesu formułowania decyzji diagnostyczno-użytkowych [5]

Pierwsza faza (przygotowawcza) polega ona na zbieraniu wszelkich informacji dotyczących przyszłego działania eksploatowanego obiektu, np. w jakich warunkach będzie się ono odbywać, jakimi środkami się dysponuje, itp. W fazie tej najczęściej dokonuje się sformułowania wariantów decyzyjnych.

Druga faza (właściwego wyboru) pozwala na ustalenie kryteriów oceny wariantów przyszłego działania i wykorzystania obiektu. Zastosowanie właściwych kryteriów zdecydowanie ułatwia ten wybór. W praktyce decydenci posługują się różnorodnymi kryteriami. Najistotniejsze z nich to:

- bezpieczeństwa, w przypadku realizacji zadania przez obiekt mający wpływ na bezpieczeństwo – to kryterium jest najważniejsze dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
- ekonomiczne, gdy realizacja zadania przez obiekt wpływa na uzyskanie korzyści finansowych,
- techniczne, gdy realizacja zadania zależy od technicznych możliwości tego obiektu,

– formalno-prawne, wtedy gdy realizacja zadania nie jest sprzeczna z ustaleniami prawnymi i formalnymi normującymi wykorzystanie obiektu.

Trzecia faza procesu decyzyjnego polega na realizacji wybranego wariantu działania i kontroli uzyskanych efektów. W wyniku kontroli decyzja może zostać poddana ponownej analizie. Oznacza to powrót do faz poprzednich, a więc uzyskanie nowych informacji, ponowne ich przetworzenie, zmiany w wyborze kryteriów decyzyjnych oraz ponowny wybór.

W procesie decyzyjnym należy uwzględnić sytuacje decyzyjne statyczne, tj. nie ulegające istotnym zmianom w czasie oraz bardzo często sytuacje dynamiczne zmieniające się w czasie.

## 2. Metody optymalizacji decyzji

Decyzja o wyborze optymalnego wariantu realizacji danego zadania wymaga zbadania wielu wariantów zadania pod kątem ich pozytywnego i negatywnego oddziaływania. Do pozytywnych aspektów zalicza się korzyści i szanse na poprawę np. bezpieczeństwa czy sprawności ruchu kolejowego, natomiast do negatywnych należą elementy związane z dużymi kosztami np. wdrażania, czy eksploatacji urządzeń srk, oraz ryzykiem. Problemy z oceną podanych aspektów wynikają często z trudności wyrażenia ich w kategoriach liczbowych.

Decyzja bardzo często jest wyborem przypadkowym lub czysto intuicyjnym, często nie poparta jest żadnymi analizami, ani planowaną strategią. Aby uniknąć błędów i przypadkowości wyboru, niezbędne wydaje się odwołanie się do sprawdzonych w praktyce metod naukowych. Do takich metod należą metody wielokryterialnego podejmowania decyzji MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) oraz metody wspomaganie decyzji wielokryterialnych. Metody MCDM tworzą nowoczesną dziedzinę badań operacyjnych, które są rozwijane i wdrażane jako narzędzia wspomagające proces podejmowanie decyzji. Metody te stanowią obecnie fundament procedur decyzyjnych i wśród nich wyróżnia się [15]:

- metody wielocelowego podejmowania decyzji MODM (*Multi Objective Decision Making Methods*),
- metody wieloatrybutowego podejmowania decyzji MADM (*Multi Attribute Decision Making Methods*), znane również jako wielokryterialne metody dyskretne.

Grupa metod MODM odnosi się do problemów decyzyjnych, w których zbiór wszystkich dopuszczalnych decyzji jest zbiorem ciągłym, zawierającym nieskończenie dużą liczbę możliwych wariantów rozwiązania.

Metody MADM charakteryzuje głównie ograniczona liczba ustalonych wariantów decyzyjnych, natomiast ich wybór dokonywany jest na podstawie ustalonych kryteriów. Ze względu na dużą częstotliwość występowania tego typu problemów do ich rozwiązywania wykorzystuje się głównie takie metody, jak np.: PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Realite*), TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*), SMART (*Simple Multi Attribute Rating Technique*), AHP (*Analytic Hierarchy Process*), ANP (*Analytic Network Process*) [15].

Jedną z najczęściej stosowanych na świecie metod wielokryterialnego podejmowania decyzji MCDM jest matematyczna metoda AHP, która uwzględnia więcej niż jedno kryterium oraz, w której rozważany jest przynajmniej dwuelementowy skończony zbiór wariantów decyzyjnych. Umożliwia porównywanie kryteriów ilościowych z jakościowymi. Przy wyborze najlepszego wariantu decyzyjnego należy wziąć pod uwagę pozytywne oraz negatywne oddziaływanie wariantów.

W metodzie AHP stosuje analizę BOCR. Uwzględnia się w niej następujące oddziaływania: korzyści – *benefits* (B), możliwości –

*opportunities* (O), koszty – *costs* (C), ryzyka – *risks* (R). Przed wskazaniem optymalnego wariantu decyzyjnego, w pierwszej kolejności buduje się cztery modele hierarchiczne dla analizy korzyści przedstawionych wielkości. W każdym z modeli obliczane są końcowe globalne wagi dla ocenianych wariantów [14].

Wskazanie najlepszego wariantu przebiega zgodnie z multiplikatywną formułą [3]:

$$\frac{(B \cdot O)}{(C \cdot R)} \quad (1)$$

W przedstawionej formule dzieli się iloczyn priorytetów (wag) wariantów dla korzyści i szans (pozytywne grupy) przez iloczyn priorytetów (wag) wariantów dla kosztów i ryzyka (negatywne grupy). Uzyskana wartość wskaźnika (1) służy do uszeregowania wariantów i wyboru najlepszego z ocenianych. Najlepszym wariantem decyzyjnym jest ten, dla którego jego wartość jest najwyższa.

## 3. Modelowanie decyzyjne systemu eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym

Istotną funkcją każdego kierownika jest decydowanie. W przypadku wyodrębnionego w strukturze PKP PLK S.A. Zakładu Linii Kolejowych odpowiednikiem kierownika jest naczelnik sekcji automatyki, który kieruje całokształtem spraw obsługi technicznej urządzeń srk na obszarze i w granicach oddziaływania swojego zakładu. Proces podejmowania decyzji może być uzupełniony modelem decyzyjnym w eksploatacji obiektów sterowania ruchem kolejowym [12].

W obecnych czasach komputer powinien stanowić główne narzędzie techniczne decydenta systemu eksploatacji urządzeń srk. Wykorzystanie coraz większych mocy jednostek komputerowych, prędkości i możliwości przechowywania danych (bazy danych, specjalizowane systemy ekspertowe) znacznie ułatwia i przyspiesza podejmowanie decyzji w kierowaniu eksploatacją urządzeń objętych klasą matematycznych modeli decyzyjnych (MMD).

Model stanowi dający się przedstawić teoretycznie lub zrealizować materialnie układ, który odzwierciedla przedmiot badania w taki sposób, że badanie tego modelu dostarcza nowych informacji o przedmiocie, który jest odzwierciedlony tym modelem.

Praktycznie matematyczny model decyzyjny w systemie eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym budowany jest w trzech etapach: opis identyfikacyjny, opis problemowy oraz budowa MMD<sub>SRK</sub> [6, 8].

- 1) *Opis identyfikacyjny* dotyczący procesu eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym pozwala na określenie dziedziny i relacji modelu tego systemu.
- 2) *Opis problemowy* procesu eksploatacji systemów srk pozwala na sporządzenie listy problemów. Opis ten umożliwia w szczególności przyjęcie istotnych założeń modelowych, kryterium podejmowania decyzji i najbardziej istotnego w danym zagadnieniu problemu decyzyjnego.
- 3) *Budowa MMD<sub>SRK</sub>* sprowadza się do przedstawienia w języku matematyki poszczególnych elementów modelu na podstawie wyników opisu identyfikacyjnego i problemowego systemu eksploatacji obiektów srk.

Istotnymi elementami matematycznego modelu decyzyjnego są:

- dziedzina modelu - zbiór obiektów, których model dotyczy,
- relacje modelu - zbiór podstawowych zależności między elementami dziedziny modelu,
- założenia modelu - zbiór podstawowych ograniczeń nałożonych na dziedziny i relacje modelu,
- kryterium modelu - kryterium podejmowania optymalnej decyzji w modelu,
- problem decyzyjny - pytanie, na które należy odpowiedzieć w modelu.

Przedmiotem modelowania mogą więc być jednocześnie obiekty srk i procesy odbywające się w obiektach srk. Wśród licznych opracowań można wyróżnić dwa główne typy modeli. Matematyczny model decyzyjny w systemie eksploatacji urządzeń srk  $MMD_{SRK}$  opisuje wyrażenie [8]:

$$MMD_{SRK} = \langle D_{SRK}, R_{SRK}, Z, F, P \rangle, \quad (2)$$

gdzie:

$D$  - dziedzina modelu decyzyjnego w systemie eksploatacji urządzeń srk (zbiór elementów w wyróżnionych obiektach systemu srk);

$R$  - relacje modelu (zbiór związków między elementami wyróżnionymi w procesie eksploatacji urządzeń srk);

$Z$  - założenia modelu (zbiór ograniczeń i uproszczeń);

$F$  - kryterium modelu (miara jakości w postaci funkcji kryterium);

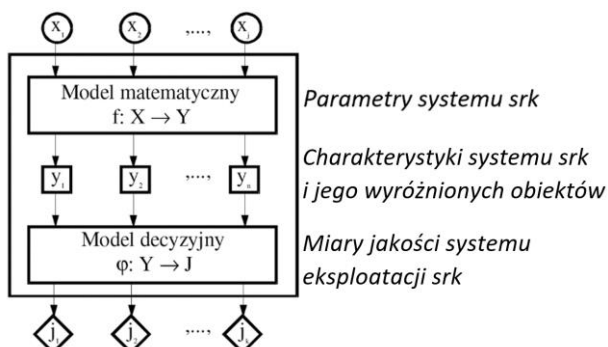
$P$  - problem modelu decyzyjnego w systemie eksploatacji urządzeń srk (pytanie, na które należy odpowiedzieć, np. wybór strategii odnowy obiektów sterowania ruchem kolejowym).

W wyrażeniu opisującym model decyzyjny w systemie eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym można wyróżnić dwie podstawowe części:

$$MM_{SRK} = \langle D_{SRK}, R_{SRK} \rangle, \quad (3)$$

$$MD_{SRK} = \langle Z, F, P \rangle. \quad (4)$$

System sterowania ruchem kolejowym (rzeczywisty) identyfikuje w modelu część  $MM_{SRK}$  i nazywa się *modelem matematycznym systemu sterowania ruchem kolejowym*. Natomiast problem decyzyjny w modelu określa  $MD_{SRK}$  i nosi nazwę *modelu decyzyjnego systemu eksploatacji urządzeń srk*.



Rys. 2. Ilustracja graficzna matematycznego modelu decyzyjnego systemu eksploatacji obiektów wyróżnionych w systemie sterowania ruchem kolejowym [6, 8]

Matematyczny model decyzyjny systemu eksploatacji urządzeń srk można opisać z wykorzystaniem następującego wyrażenia (rys. 2) [8]:

$$MMD_{SRK} = \langle X_{SRK}, Y_{SRK}, J_{SRK}, f_{SRK}, \varphi_{SRK} \rangle, \quad (5)$$

gdzie:

$X_{SRK}$  - zbiór parametrów systemu sterowania ruchem kolejowym,

$Y_{SRK}$  - zbiór charakterystyk systemu srk,

$J_{SRK}$  - zbiór miar jakości systemu eksploatacji srk,

$f_{SRK}$ :  $X_{SRK} \rightarrow Y_{SRK}$  - matematyczny model systemu srk (odzworowanie, relacje, związki, funkcje),

$\varphi_{SRK}$ :  $Y_{SRK} \rightarrow J_{SRK}$  - matematyczny model decyzyjny systemu eksploatacji urządzeń srk.

W zbiorze parametrów systemu sterowania ruchem kolejowym ( $X_{SRK}$  wyróżnia się podzbiór  $X_{dSRK}$  parametrów zmiennych (zmiennych decyzyjnych) i podzbiór  $X_{sSRK}$  parametrów ustalonych (stałych systemu srk).

Parametrami eksploatacyjnymi są najczęściej liczby, funkcje, relacje i struktury, które charakteryzują dany fragment rzeczywistości eksploatacyjnej. Parametrem takim może być np. struktura cyklu remontowego urządzeń sterowania ruchem kolejowym, ale może

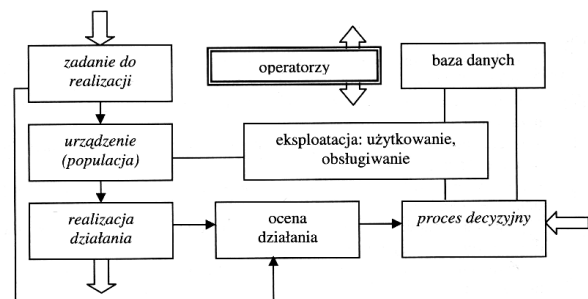
nim być także intensywność uszkodzeń tych urządzeń. Parametrem może też być liczba urządzeń srk wchodzących w skład, zależnie od poziomu struktury organizacyjnej w PKP PLK S.A., Zakładów Linii Kolejowych, Sekcji eksploatacji, czy Zespołów diagnostycznych.

Charakterystykami eksploatacyjnymi są najczęściej funkcje i funkcjonały. Swoistymi argumentami charakterystyk są parametry eksploatacyjne. Przykładami charakterystyk eksploatacyjnych mogą być: koszt eksploatacji, zużycie materiałów eksploatacyjnych, niezawodność obiektu srk, itp.

Miarami jakości eksploatacji są najczęściej wybrane charakterystyki eksploatacyjne wyznaczane dla danego kryterium podejmowania decyzji. Przykładami takich miar jakości mogą być: minimalny koszt eksploatacji urządzeń, czy nawet systemów srk dla zadanych warunków lub maksymalna niezawodność obiektu sterowania ruchem kolejowym dla danego czasu i warunków eksploatacji [9].

#### 4. Idea działania systemów wspomagania decyzji w eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym

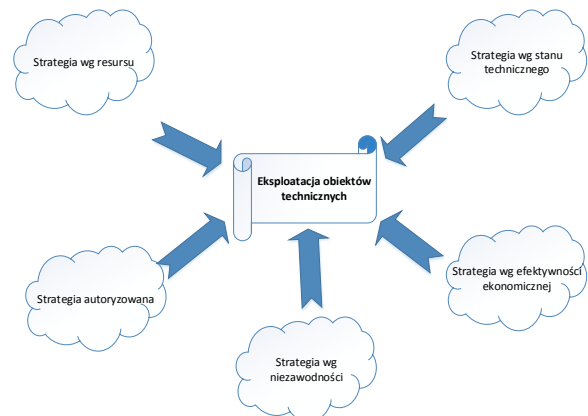
Na rys. 3 przedstawiono algorytm postępowania systemu decyzyjnego dla eksploatowanych urządzeń srk.



Rys. 3. Schemat blokowy systemu decyzyjnego dotyczącego eksploatacji obiektów srk [16]

Najtrudniejszymi decyzjami eksploatacyjnymi, również dla urządzeń srk są te, które należy podjąć dysponując z jednej strony informacjami o stanie obiektów systemu srk, z drugiej zaś możliwościami realizacji czynności obsługowo-naprawczych. Stąd też dużego znaczenia nabierają strategie eksploatacyjne dotyczące m.in. metod użytkowania i obsługi urządzeń srk, planowania ich obsług i metod postępowania w sytuacjach awaryjnych. Strategia przyjęta do obsługi urządzeń sterowania ruchem kolejowym jest więc znaczącym elementem, od którego zależy również przebieg procesu zarządzania eksploatacją tego systemu.

Podstawowe strategie eksploatacji przydatne w zarządzaniu procesem eksploatacyjnym obiektów technicznym, w tym urządzeń sterowania ruchem kolejowym przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Podstawowe strategie eksploatacji obiektów technicznych [4, 8]



Zautomatyzowane systemy sterowania ruchem kolejowym zapewniają szybkie i niezawodne przesyłanie i odbieranie dużej liczby informacji koniecznych do zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa w sterowanym procesie. Istotnym czynnikiem dalszego wzrostu bezpieczeństwa w ruchu kolejowym jest doskonalenie metod podejmowania decyzji w eksploatacji systemów srk. Prowadzi to do podjęcia prób tworzenia i udoskonalania systemów wspomaganie decyzji eksploatacyjnych w obszarze eksploatacji urządzeń srk.

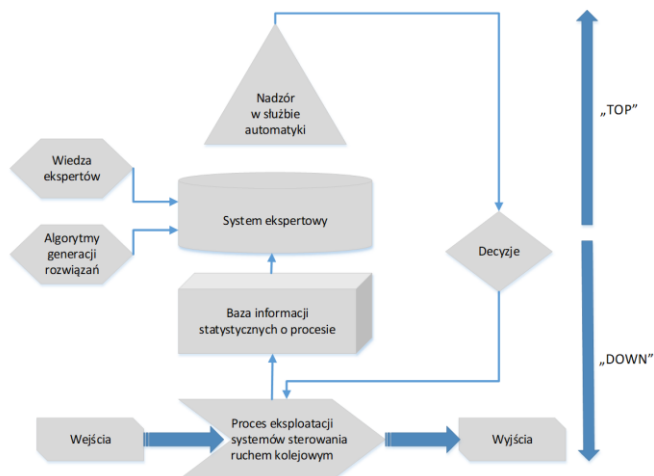
Do niedawna przyjmowano, że utrzymanie urządzeń sterowania ruchem kolejowym polega na ich bieżących i okresowych przeglądach oraz naprawach. Obecnie utrzymanie tych urządzeń wymaga:

- ciągłego monitoringu stanu elementów i układów,
- planowania napraw i przeglądów bieżących i okresowych tj. identyfikacji niezbędnego potencjału naprawczego oraz podejmowania decyzji dotyczących zakresu i czasu prac naprawczych,
- przygotowania programów podjętych decyzji planistycznych,
- wykonywania prac oraz ich odbioru, itp.

Systemy wspomaganie decyzji mogą być zastosowane w każdej z wymienionych grup działań. Najtrudniejsze decyzje to te, które należy podjąć dysponując z jednej strony informacjami o stanie elementów systemów srk, z drugiej zaś możliwościami realizacji czynności obsługowo-naprawczych. Stąd też największego znaczenia nabiera opracowywanie systemów dotyczących planowania obsługi systemów srk i metod postępowania w sytuacjach awaryjnych [4].

Połączenie systemów informowania kierownictwa z różnorodnymi metodami matematycznymi (takimi jak: metody optymalizacji, metody sieciowe, symulacja komputerowa, teoria niezawodności, teoria eksploatacji, teoria obsługi masowej itp.) umożliwiło budowę systemu wspomaganie decyzji w zakresie eksploatacji urządzeń srk. Podstawą budowy systemu wspomaganie decyzji w zakresie problematyki automatyki, zasilania i telekomunikacji w transporcie kolejowym są badania prowadzone m.in. w obszarze:

- wspomaganie napraw i wymian elementów urządzeń srk,
- wspomaganie racjonalizacji zużycia energii elektrycznej,
- planowania napraw systemów srk, sieci trakcyjnej i sieci telekomunikacyjnej,
- doskonalenia metod postępowania w sytuacjach awaryjnych,
- warunków utrzymania systemów srk, sieci trakcyjnej i sieci telekomunikacyjnej,
- ujednoczenia sposobu ewidencji stanów urządzeń srk.



Rys. 5. Miejsce systemu wspomaganie decyzji w organizacji kierowania eksploatacji systemów srk [4]

System wspomaganie decyzji w eksploatacji urządzeń srk oparto na zasadzie planowania „od dołu do góry” (down top), a następnie „od góry do dołu” („top down”), co zostało zilustrowane na rys. 5. Oznacza to, że decyzje szczebla nadrzędnego są podejmowane w oparciu o pełny przegląd stanu procesu eksploatacji („down top”) i zostają wdrożone w przebieg tego procesu (sterowanie, zarządzanie procesem) zgodnie z zasadą „top down” [4].

Dotychczasowe prace badawcze i doświadczenia w zakresie procesów użytkowania systemów srk oraz ich niezawodności i odnowy, a także projekt badawczy Nr PBS/A6/29/2015 pt. „System gromadzenia danych eksploatacyjnych i analizy niezawodności i bezpieczeństwa układów automatyki kolejowej” zrealizowany w ramach Programu Badań Stosowanych i umowy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju na Wydziale Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu w konsorcjum z firmą Scheidt & Bachmann Polska doprowadziły do opracowania Systemu Analizy Danych Eksploatacyjnych w automatyce Kolejowej (SADEK).

Podstawowym celem ww. projektu badawczego była weryfikacja założeń zaproponowanych metod i narzędzi wspomagających proces podejmowania decyzji eksploatacyjnych w zakresie urządzeń i systemów srk na podstawie zgromadzonych danych oraz opracowanych modeli niezawodnościowych i eksploatacyjnych wybranych układów automatyki kolejowej.



Rys. 6. Serwer baz danych i urządzenia komunikacyjne zainstalowane w laboratoriach Wydziału Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu w ramach projektu badawczego PBS/A6/29/2015 [opracowanie własne]

## Podsumowanie

Proces decyzyjny, dotyczący oceny i wyboru jednego z wariantów działania (wg ustalonych kryteriów), powinien spełniać m.in. warunki:

- zbiór dostępnych informacji oraz możliwe kierunki i sposoby działania;
- przewidywane skutki, wynikające z poszczególnych decyzji, a także ich wymierne efekty;
- rodzaj sytuacji decyzyjnej;
- kryteria wyboru sposobu działania (kryteria decyzyjne);
- wpływ czynników psychologicznych na proces decyzyjny, a tym samym na wartość podjętej decyzji;
- kompetencje decydenta;
- możliwości uzyskiwania i przetwarzania informacji;
- możliwości wykonawcze.

W procesie eksploatacyjnym urządzeń srk istotnym czynnikiem jest stan techniczny tych urządzeń. Z tego powodu tzw. strategia eksploatacyjna powinna być modyfikowana lub zmieniana w zależności od stanu i czasu pracy maszyny lub urządzenia.

Odnowa urządzeń srk może być wykonywana wg różnych strategii eksploatacyjnych, w których sprecyzowane są m.in. rodzaj, kolejność, chwile rozpoczęcia i zakończenia (lub czas trwania), sposób wykonania niezbędnej obsługi oraz kwalifikacje załogi (np. nastawniczego, dyżurnego ruchu, pracownika sekcji eksploatacji, czy operatora urządzeń srk) i jej liczność gwarantująca właściwą realizację tej obsługi. Najtrudniej jest ustalić chwilę rozpoczęcia określonej obsługi, która zapobiegłaby zajściu uszkodzenia.

Z istoty systemów wspomaganie decyzji wynika, że rzeczywiste problemy muszą być transformowane na modele matematyczne. Różne ustrukturalizowanie zagadnień występujących w eksploatacji urządzeń srk sprawia, że systemy wspomaganie decyzji w tym obszarze złożone są z dwóch podstawowych części. W jednej następuje tradycyjne przetwarzanie danych na podstawie metod algorytmicznych, a w drugiej generuje się rozwiązanie wykorzystujące wiedzę zgromadzoną w postaci charakterystyk technicznych i technologicznych, charakterystyk obciążenia i wpływu otoczenia, realizowanych funkcji w procesie ruchu kolejowego itp.

Systemy wspomagające w zakresie eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym mogą gromadzić jedynie niewielką część wiedzy eksperta służącą do rozwiązania problemów w określonym zakresie. Dlatego powinien on być tworzony jako system wspomaganie decyzji (doradczy) dotyczący węższej grupy zagadnień i współpracujący z użytkownikiem w trybie interaktywnym.

## Bibliografia:

1. Cempel Cz., Tomaszewski F.: Diagnostyka maszyn. Zasady ogólne. Przykłady zastosowań. Wydawnictwo MCNEI, Radom 1992.
2. Chrzan M., Kornaszewski M., Ciszewski T.: Renovation of Marine Telematics Objects in the Process of Exploitation. Management Perspective for Transport Telematics. Communications in Computer and Information Science, Volume 897. Springer Nature Switzerland AG 2018.
3. Diederik J.D. Wijnmalen: Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP-ANP: A critical validation. Mathematical and Computer Modelling, vol. 46, Issues 7-8, 2007.
4. Dyduch J., Moczarski J.: Podstawy eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym. Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego, Radom 2015.
5. Florek J., Barczak A.: Procesy informacyjno-decyzyjne w eksploatacji obiektów technicznych. Telekomunikacja i techniki informacyjne 1-2/2004.
6. Konieczny J.: Sterowanie procesem eksploatacji. PWN, Warszawa 1975.
7. Kornaszewski M.: Eksploatacja systemów sterowania ruchem kolejowym. Technika Transportu Szynowego tts 10/2013.
8. Kornaszewski M.: Modelowanie odnowy systemów sterowania ruchem kolejowym w procesie eksploatacji. Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego, Radom 2013.
9. Kornaszewski M.: Zarządzanie eksploatacją systemów sterowania ruchem kolejowym. Logistyka 3/2015.
10. Moczarski J.: Struktura procesu informacyjno-decyzyjnego w obsłudze urządzeń sterowania ruchem kolejowym. XIV International Conference „Computer systems aided science, industry and transport”. Zakopane 2010.
11. Nowakowski W., Ciszewski T., Łukasik Z.: The Concept of Railway Traffic Control Systems Remote Diagnostic. Smart Solutions in Today's Transport. Communications in Computer and Information Science, Series Volume 715. 17th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2017, Springer International Publishing AG 2017.
12. PKP PLK S.A.: Instrukcja konserwacji, przeglądów oraz napraw bieżących urządzeń sterowania ruchem kolejowym Ie-12 (E-24), Warszawa 2005.
13. Pniewski R., Kornaszewski M., Chrzan M.: Safety of electronic ATC systems in the aspect of technical and operational. 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. Proceedings, Part IV. Rajcke Teplice, Slovak Republic, October 2016.
14. Saaty T.L.: Decision making the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). Journal of Systems Science and Systems Engineering 13(1), 2004.
15. Sobczyk E.J, Wota A., Krężolek S.: Zastosowanie matematycznych metod wielokryterialnych do wyboru optymalnego wariantu źródła pozyskania węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 27, z. 3, 2011.
16. Szpytko J.: Kształtowanie procesu eksploatacji środków transportu bliskiego. Biblioteka problemów eksploatacji. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Kraków – Radom 2004.

---

### Support making decisions in the exploitation process of railway traffic control devices

The increasing safety requirements for the railway traffic control devices cause that the issue of rational decision making in the management of applied devices operation process become more and more important. The management includes activities necessary for the effective implementation of the operation process and also the ability to the action purpose clarification, the necessary resources preparation, the work plan arrangement and control of their implementation. The implementation each of the indicated functions requires a decision making complicated from a human.

**Keywords:** devices exploitation, decision support, railway traffic control.

#### Autor:

dr hab. inż. **Mieczysław Kornaszewski**, prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Telematyki, Zakład Systemów Sterowania w Transporcie, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-88; Fax: + 48 48 361-77-42; m.kornaszewski@uthrad.pl