

Systemy informatyczne w infrastrukturze kolejowej

Eugeniusz SKRZYŃSKI¹, Krzysztof OCHOCIŃSKI²

Streszczenie

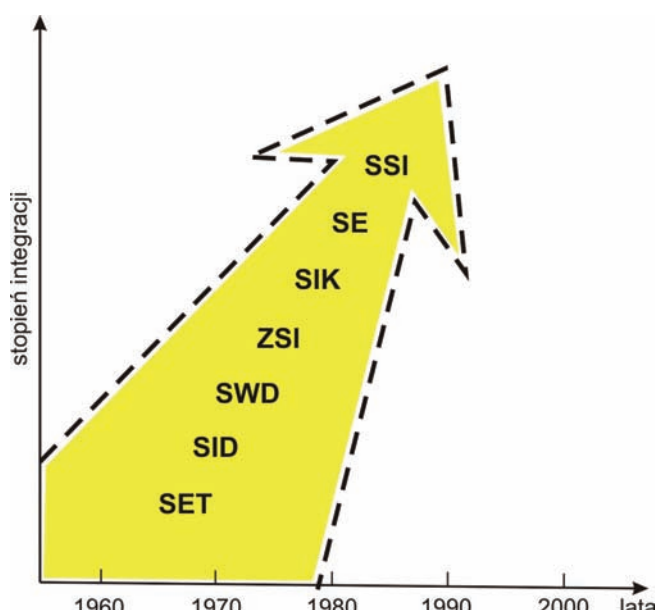
W artykule przedstawiono systemy eksperckie, informacyjne i inne, wspomagające zarządzanie infrastrukturą kolejową. Artykuł zawiera również podstawowe informacje dotyczące proponowanego Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą PKP PLK S.A., opisuje założenia systemu, dane i wskaźniki. W podsumowaniu stwierdzono, że obecnie PKP PLK S.A. wykorzystuje przeważnie systemy informacyjne, które dostarczają jedynie opisowych informacji o obiektach infrastruktury kolejowej. Istnieje więc potrzeba opracowywania systemów scalających istniejące aplikacje, umożliwiającym wszechstronne wykorzystywanie gromadzonych danych.

Słowa kluczowe: infrastruktura kolejowa, systemy informatyczne, PKP PLK S.A.

1. Wprowadzenie

Obecnie efektywność każdego przedsiębiorstwa w dużej mierze zależy od sprawnego i wiarygodnego obiegu informacji aktualizowanych na bieżąco. Dlatego powszechnie tworzone są różne systemy, zarówno diagnostyczno-doradcze, jak i ewidencyjno-decyzyjne

oraz inne, gromadzące dane i wspomagające zarządzanie, których podstawowymi elementami są najczęściej odpowiednie bazy danych (rys. 1). Rozwój mikrokomputerów i oprogramowania sprawił, że systemy takie stały się dostępne dla wszystkich użytkowników, także tych którzy wcześniej nie mogli sobie pozwolić na większe inwestycje w tej dziedzinie organizacji pracy.



Rys. 1. Ewolucja systemów informatycznych wspomagających zarządzanie [45]

- SET – systemy ewidencyjno-transakcyjne (TPS – *Transaction Processing Systems*),
- SID – systemy informacyjno-decyzyjne (MIS – *Management Information Systems*),
- SWD – systemy wspomagania decyzji, np. BI – inteligencja biznesowa (DSS – *Decision Support Systems*, e.g. BI – *Business Intelligence*),
- ZSI – zintegrowane systemy informatyczne, np. klasy ERP – planowanie zasobów przedsiębiorstwa (IMIS – *Integrated Management Information Systems*, e.g. ERP *Enterprise Resource Planning*),
- SIK – systemy informowania kierownictwa (EIS – *Executive Information Systems*),
- SE – systemy eksperckie (ES – *Expert Systems*),
- SSI – systemy sztucznej inteligencji (AIS – *Artificial Intelligence Systems*).

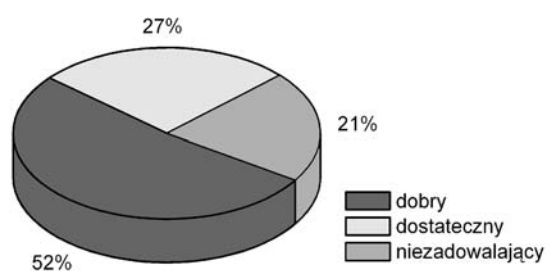
¹ Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejnictwa i Przewozów; e-mail: eskrzynski@ikolej.pl.

² Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejnictwa i Przewozów; e-mail: kochocinski@ikolej.pl.

Działania takie są również prowadzone przez zarządców infrastruktury, takich jak PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Majątek spółki PKP PLK S.A. jest bardzo duży i zróżnicowany. Według stanu z 31 grudnia 2014 roku wartość księgowa majątku spółki wynosiła 42 690,6 mln zł, a spółka zarządzała następującą eksploatowaną infrastrukturą kolejową [36]:

1. 18 516 km linii kolejowych, obejmujących 36 105 km torów, w tym:
 - 27 015 km torów szlakowych i głównych zasadniczych na stacjach,
 - 9 090 km torów stacyjnych;
2. 40 343 rozjazdów, w tym:
 - 18 143 rozjazdów w torach szlakowych i głównych zasadniczych,
 - 22 200 rozjazdów w torach stacyjnych;
3. 15 408 skrzyżowań w poziomie szyn, w tym na liniach eksploatowanych; ogółem 12 900 w tym przejazdów i przejść kolejowo-drogowych kategorii:
 - A – 2 516 szt.,
 - B – 856 szt.,
 - C – 1 283 szt.,
 - D – 7 158 szt.,
 - F – 593 szt.,
 - E – 494 przejść dla pieszych;
4. 25 493 obiektów inżynierskich, w tym 6 447 szt. mostów i wiaduktów;
5. 6 204 budynków;
6. 12 896 budowli.

Stan techniczny eksploatowanych linii kolejowych był zróżnicowany (rys. 2).



Rys. 2. Stan techniczny linii kolejowych zarządzanych przez PKP PLK S.A. w dniu 31 grudnia 2014 r. [36]; stan dobry – linie eksploatowane z założonymi parametrami (wymagane są tylko roboty konserwacyjne), stan dostateczny – linie kolejowe o obniżonych parametrach eksploatacyjnych, obniżona maksymalna prędkość rozkładowa, lokalne ograniczenia prędkości (wymagane jest wykonanie napraw bieżących polegających na wymianie uszkodzonych elementów torów), stan niezadawalający – linie kolejowe o znacznie obniżonych parametrach eksploatacyjnych; małe prędkości rozkładowe, duża liczba lokalnych ograniczeń prędkości, zmniejszone dopuszczalne naciski osi (wymagana wymiana nawierzchni).

W niniejszym artykule przedstawiono systemy eksperckie, informacyjne i inne wspomagające zarządzanie infrastrukturą kolejową.

2. Wymagania dla systemów informatycznych

Do podstawowych funkcji systemów informatycznych wspomagających zarządzanie należy:

- gromadzenie informacji,
- przechowywanie informacji,
- przetwarzanie informacji, w tym ich agregowanie,
- prezentowanie informacji.

Doświadczenia z wdrażania systemów informatycznych wspomagających zarządzanie wykazują, że punktem wyjściowym do tego rodzaju prac powinny być bazy danych, charakteryzujące się odpowiednimi zakresami zbieranych danych i właściwymi ich strukturami; wśród modeli danych w bazach najczęściej wymienia się model hierarchiczny, sieciowy (grafowy), relacyjny i obiektowy. Dane mogą być wtedy stopniowo gromadzone w miarę potrzeb i możliwości, a ponadto w sposób uporządkowany, ułatwiający ich wykorzystanie do różnych celów. Nawet gdy nie ma jeszcze zbudowanego docelowego systemu zarządzania bazą danych, możliwe stają się różne analizy zgromadzonych informacji, nawet przy użyciu powszechnie dostępnych programów, takich jak na przykład Excel.

W drugiej kolejności powinny być opracowywane odpowiednie, coraz doskonalsze systemy zarządzania danymi, umożliwiające ich przekazywanie, mające więcej funkcji usługowych przydatnych dla pracowników poszczególnych szczebli. W literaturze wymienia się następujące wymagania dla najczęściej stosowanych relacyjnych baz danych:

- 1) minimalizacja gromadzonych danych,
- 2) odpowiednie zabezpieczenie danych przed ich zmianą, utratą lub niewłaściwym wykorzystaniem,
- 3) normalizacja bazy.

Przede wszystkim każda baza danych powinna być znormalizowana, to znaczy zaprojektowana w taki sposób, aby uniknąć:

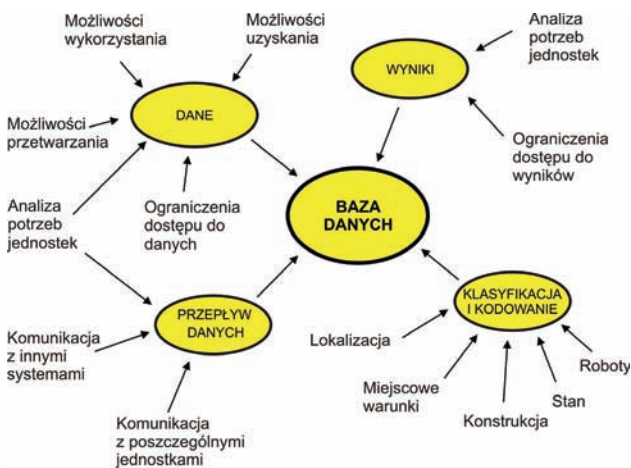
- 1) zapamiętywania danych nieelementarnych (w przypadku niektórych parametrów, spełnienie tego wymagania może doprowadzić do braku danych lub znacznego zwiększenia ich liczby),
- 2) redundancji, to znaczy dublowania się danych (na przykład, jeśli na danej linii kolejowej znajduje się kilka ewidencjonowanych obiektów, to nazwa tej linii powinna być zapisywana tylko jednokrotnie),
- 3) niespójności bazy (niespójność powstaje na przykład wtedy, kiedy trzeba zmienić numer pewnej linii kolejowej, a nazwy linii są dublowane – wtedy wprowadzenie zmiany numeru tylko w nowych danych, albo spowoduje powstanie niespójności danych),

- 4) anomalii przy usuwaniu (dane nie mogą być przechodnie, co oznacza że kasowanie informacji o pewnych obiektach nie może powodować utraty innych informacji, np. o liniach),
- 5) anomalii przy wstawianiu (sprowadza się to do eliminowania z bazy niepełnych danych oraz informacji o braku danych),
- 6) luk informacyjnych, polegających na istnieniu informacji wprowadzie interesujących, ale nie dających odpowiedzi na zadawane pytania.

Normalizacja bazy powoduje również, że elementarne informacje są zapamiętywane tylko raz, co poza wyeliminowaniem wspomnianych nieprawidłowości zmniejsza objętość wykorzystywanej pamięci i przyspiesza dostęp do danych. W praktyce oznacza to, że każda baza powinna składać się z odpowiednio zdefiniowanych relacji w postaci zbiorów danych (plików) o następującej postaci:

- **Relacja** (Wielkość1, Wielkość2, ...), na przykład:
- **Obiekty** (Kod_obiektu, Nazwa_obiektu, ...).

Poszczególne zbiory w relacyjnej bazie są powiązane ze sobą za pomocą odpowiednich kluczy. Przy zakładaniu baz danych należy uwzględnić zagadnienia pokazane przykładowo na rysunku 3.



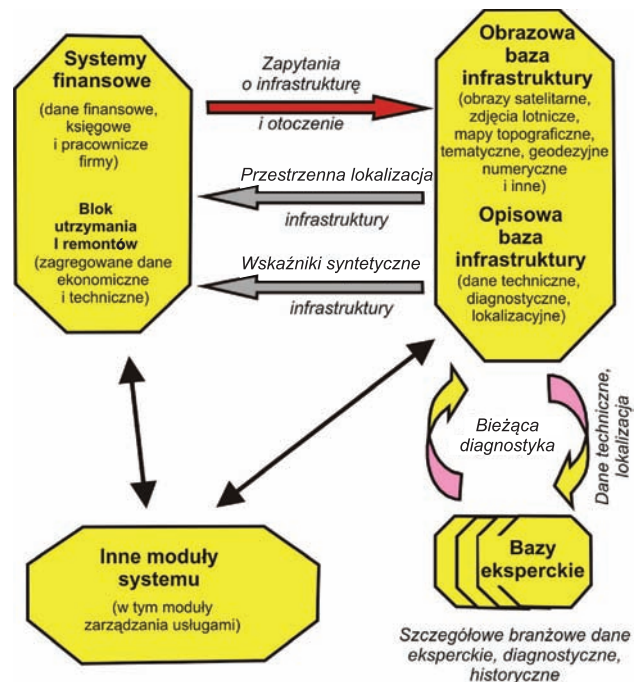
Rys. 3. Orientacyjna mapa problemu „system bazy danych”
[opracowanie własne]

Należy również mieć na uwadze:

- możliwość zintegrowania bazy danych z istniejącą infrastrukturą i oprogramowaniem systemowym, obejmującym na przykład finanse, kadry,
- możliwość skalowalności bazy danych (np. rozbudowy infrastruktury, powiązań pomiędzy danymi),
- dotychczasowe doświadczenie z oprogramowaniem danego producenta,
- wsparcie techniczne producenta,
- dostępność, wydajność i bezpieczeństwo stosowanego systemu.

- Ponadto, od systemów baz danych wymaga się:
- 1) dostarczania informacji odpowiednich dla poszczególnych użytkowników, przy czym dla wyższych szczebli zarządzania dane powinny być zagregowane, np. w postaci zestawień graficznych;
 - 2) łatwości dostosowania systemu do zmieniających się realiów, uzyskiwanej m.in. przez:
 - oddzielenie bazy danych od systemu zarządzania nią,
 - rozdzielenie baz danych dotyczących poszczególnych zagadnień lub obiektów,
 - modułowość systemu, umożliwiającą jego łatwą modyfikację i przekazywanie danych;
 - 3) odpowiedniego zabezpieczenia danych przed ich zmianą, utratą lub niewłaściwym wykorzystaniem.

Dodatkowe wymagania występują podczas tworzenia zintegrowanego systemu wspomagania zarządzania (rys. 4). Powinny być wtedy uwzględnione między innymi zalecenia dyrektywy INSPIRE [11, 14].



Rys. 4. Schemat zintegrowanego systemu wspomagania zarządzania, zawierającego ewidencję i diagnostykę infrastruktury [30]

Połączenie systemów informowania kierownictwa i różnych metod matematycznych wchodzących w skład badań operacyjnych (takich jak metody optymalizacji liniowej i nieliniowej, metody sieciowe, symulacja komputerowa, teoria odnowy, teoria niezawodności itp.) doprowadziło do powstania systemów wspomagania decyzji (DSS – *Decision Support Systems*). Stanowią one użyteczne narzędzie zarządzania w wielu dziedzinach. Korzyścią ze stosowania tych systemów są nie tylko przetworzone informacje,

lecz również propozycje rozwiązań. Systemy te wyróżniają się tym, że [4]:

- 1) są interaktywne, a więc dialog z użytkownikiem jest prowadzony za pomocą pytań ukazujących się kolejno na monitorze ekranowym,
- 2) podają konkluzje na zasadzie „co – jeżeli” lub udzielają odpowiedzi w postaci zrozumiałej dla użytkownika i pod jego kontrolą,
- 3) użytkownik może z nich korzystać bez znajomości technologii informatycznych, na przykład języków programowania.

Obecnie, do rozwiązywania wielu zadań, zwłaszcza zadań niesformalizowanych do niedawna niedostępnych dla komputerów, coraz częściej służą również systemy nazywane systemami eksperckimi lub ekspertowymi (*ES – Expert Systems*)³, będące rozwinięciem systemów wspomaganie decyzji, wykorzystujące reprezentację wiedzy i procesy rozumowania. Zadaniem niesformalizowanym jest zadanie, które spełnia jedno lub więcej spośród następujących kryteriów:

- nie jest określone w postaci liczbowej,
- jego cel nie jest wyrażony funkcją celu,
- nie ma algorytmów jego rozwiązania,
- istnieją algorytmy rozwiązania, które jednak trudno zastosować ze względu na ich złożoność lub ze względu na trudności w zebraniu potrzebnych danych.

Definicje narzędzi ekspertowych mogą być różne, na przykład w [8] wyróżniono dwa podstawowe typy:

- autonomiczne systemy ekspertowe – narzędzia komputerowe wspomagające podejmowanie decyzji, w których można wyróżnić bazę wiedzy, zawierającą wiedzę dziedzinową, istotną dla podejmowanych decyzji oraz system wnioskujący, korzystający z bazy wiedzy do wypracowania decyzji,
- funkcje ekspertowe – wydzielone funkcjonalnie części oprogramowania systemu wspomagającego zarządzanie, przeznaczone do rozwiązywania problemów z wykorzystaniem bazy danych oraz bazy wiedzy systemu.

Podobnie różny może być podział systemów informatycznych wspomagających zarządzanie. Przykładem są według [5] systemy stosowane w budowie i utrzymaniu infrastruktury kolejowej, które można podzielić na trzy grupy:

- 1) systemy do projektowania linii kolejowych,
- 2) systemy zarządzania,
- 3) systemy wspierające eksploatację i modernizację torów kolejowych.

W niniejszym artykule przyjęto następujące ogólne określenia:

- baza danych, to uporządkowany zbiór danych przechowywany w pamięci pomocniczej komputera,
- system bazy danych, to baza danych wraz z oprogramowaniem umożliwiającym operowanie tymi danymi,
- system informacyjny lub wspomaganie zarządzaniem, to system baz danych uzupełniony modułami analitycznymi, ewentualnie również eksperckimi, generującymi rozwiązania przydatne w zarządzaniu,
- system diagnostyczno-doradczy lub ekspercki to system zawierający wiedzę specjalistów, przystosowany do niesformalizowanego rozwiązywania zadań, z którym ekspert współpracuje w systemie dialogowym.

3. Systemy informatyczne w infrastrukturze PKP PLK S.A.

3.1. Systemy diagnostyczno-doradcze i eksperckie

W ubiegłych latach w Instytucie Kolejnictwa, a wcześniej w CNTK i COBiRTK, opracowano wiele inżynierskich systemów diagnostyczno-doradczych i eksperckich dotyczących projektowania i utrzymania dróg kolejowych, a zagadnienia dotyczące tych systemów omówiono między innymi w [3, 4, 31].

Przykładowe, opisane w artykule systemy były przedmiotem szkoleń około 200 inżynierów PLK S.A. i dziesiątków studentów wielu politechnik. Wzbogaciły one wiedzę tych osób i wywarły duży wpływ na podejście do eksploatacji dróg kolejowych. Opracowane systemy gromadzą wiedzę w modułach heurystycznych, algorytmicznych i logicznych oraz wspomagają podejmowanie decyzji dotyczących napraw i ograniczeń eksploatacyjnych nawierzchni i podtorza na analizowanych odcinkach dróg kolejowych. Nie odnoszą się one do całej sieci i nie są bazami danych dla infrastruktury dróg kolejowych. W praktyce umożliwiają rozwiązywanie lokalnych problemów oraz agregowanie danych, które mogą być wykorzystane w innych systemach. Należy też zauważyć, że niektóre z tych systemów mają ograniczenia, gdyż działają jedynie pod kontrolą systemu operacyjnego DOS.

Ustalanie dopuszczalnych nacisków osi I Prędkości pociągów – UNIP [4, 5]

System UNIP jest systemem wspomagającym decyzje dotyczące ustalania dopuszczalnych nacisków

³ W artykule oba określenia są stosowane zamiennie.

osi i maksymalnych prędkości pociągów na liniach kolejowych w Polsce. Konkluzje generowane przez ten system są oparte na danych opisujących warunki eksploatacyjne analizowanego odcinka toru, cechy konstrukcyjne oraz stan utrzymania nawierzchni.

System ekspercki Decyzje O Naprawach Głównych nawierzchni kolejowej – DONG [4]

System DONG jest rozszerzoną wersją systemu UNIP, umożliwiającą kwalifikację nawierzchni na analizowanym odcinku do jednego z czterech zakresów napraw. Bazę wiedzy systemu tworzą algorytmy obliczeń oraz reguły heurystyczne. Obliczenia są wykonywane w sześciu modułach algorytmicznych, dotyczących:

- 1) naprężeń w szynach,
- 2) naprężeń w podkładach,
- 3) naprężeń w podsypce,
- 4) naprężeń na torowisku,
- 5) nierówności toru,
- 6) współczynników degradacji.

System doradczy KLAsyfikacja Nawierzchni kolejowej – KLAN [4]

System KLAN jest przeznaczony do:

- klasyfikowania torów na podstawie ustalonych cech eksploatacyjnych wraz z określeniem standardów konstrukcji oraz odchyłek dopuszczalnych (opcja 1),
- relatywnego rozdziału nakładów na utrzymanie nawierzchni (opcja 2),
- wspomaganie decyzji przez wybieranie torów o założonych warunkach (opcja 3).

System KLAN nie powinien być stosowany do ustalania dopuszczalnych nacisków osi i prędkości pociągów, tj. do celów przypisanych systemowi UNIP.

Eksperski system oceny JAKOści robót Nawierzchniowych – JAKON [2]

System ekspercki JAKON służy do oceny:

- oceny jakości robót przy wymianach ciągłych i naprawach bieżących,
- oceny jakości robót przy wymianie i naprawie rozjazdów,
- określenia prędkości pierwszego pociągu po otwarciu toru.

Integralną aplikacją związaną z programem JAKON jest NOTATNIK, wykorzystywaną do zapisywania wyników pomiarów, wyznaczania ich estymatorów i wadliwości, losowania miejsc pomiarów wyrównawczych oraz obliczeń pomocniczych.

Eksperski system DIagnostyki przedMODernizacyjnej – DIMO

Program DIMO służy do analizy układu geometrycznego toru przed jego modernizacją lub ciągłymi wymianami nawierzchni. Jest to system hybrydowy

obejmujący bazę wiedzy dotyczącą wyboru dopuszczalnych wartości parametrów kinematycznych (moduł WARKIN) oraz cztery moduły algorytmiczne wspomagające projektowanie optymalnej przechyłki w łukach i zmiany wybranych układów geometrycznych toru. Moduł WARKIN służy do wyznaczania maksymalnych wartości [4]:

- niezrównoważonego przyspieszenia występującego podczas ruchu pociągów pasażerskich lub przy maksymalnej prędkości jazd manewrowych,
- niezrównoważonego przyspieszenia występującego podczas ruchu pociągów towarowych (nadmiaru przechyłki) powodującego przeciążenie toku wewnętrznego,
- przyrostu przyspieszenia,
- prędkości podnoszenia koła na rampie przechyłkowej.

Syntetyczna Ocena stanu Konstrukcji Nawierzchni kolejowej – SOKON

Program SOKON służy do obliczania charakterystyk syntetycznej oceny zdatności eksploatacyjnej stosowanych w Polsce konstrukcji nawierzchni kolejowej typu UIC 60 i S49, wyjątkowo zaś może być zastosowany do oceny innych typów nawierzchni. Charakterystykami tej oceny są:

- wskaźnik zdatności eksploatacyjnej $C \leq 1$, wyrażający część trwałości charakteryzującej dany odcinek, jaka pozostała do jej całkowitego wykorzystania, tj. do utraty pełnej zdatności eksploatacyjnej,
- czas t , wyrażony w latach, po którym przy istniejącym natężeniu przewozów, nastąpi wyczerpanie pełnej zdatności eksploatacyjnej konstrukcji nawierzchni (tzn. kiedy najpóźniej powinna nastąpić jej wymiana).

System doradczy diagnozowania toru bezстыkowego – DIAGNOS [4]

Prototypowy system doradczy DIAGNOS umożliwia określanie odcinków, na których zachodzi niebezpieczeństwo wybożenia toru bezстыkowego i konieczne jest przeprowadzenie wyrównania naprężeń w szynach. System ten, oprócz metod algorytmicznych, zawiera bogaty zestaw wiedzy empirycznej.

System Określania Hierarchii Robót Nawierzchniowych SOHRON [5]

Celem systemu SOHRON jest:

- 1) gromadzenie wyników pomiarów torów wykonywanych uniwersalnymi toromierzami elektronicznymi,
- 2) ocena stanu toru ułatwiająca planowanie miejsc napraw i ich hierarchizację oraz określanie dopuszczalnych prędkości pociągów ze względu na geometryczny stan nawierzchni i obliczane wartości parametrów kinematycznych,

- 3) porównywanie zachodzących zmian w stanie toru, które stanowi podstawowy warunek prowadzenia diagnostyki obrazowo-porównawczej,
- 4) syntetyzowanie wyników pomiarów do celów planowania napraw w skali większych rejonów sieci kolejowej.

System SOHRON spełnia też inne funkcje, które mogą się okazać pomocne przy odbiorach robót lub materiałów nawierzchniowych, tj.:

- oblicza podstawowe charakterystyki statystyczne,
- losuje miejsca pomiarów wyrównawczych w torze lub numery pobieranych próbek,
- oblicza strzałki krzywizn w różnych konfiguracjach układu geometrycznego toru.

Eksperski system Diagnostyka Podtorza – DP [40, 42]

System DP, na podstawie obliczeń i reguł wynikających z doświadczeń, identyfikuje wady eksploatowanego podtorza gruntowego, określa zasięg wad, ich nasilenie oraz stopień zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. Na tej podstawie, podtorze w rozpatrywanym przekroju poprzecznym jest kwalifikowane do jednej z następujących klas przydatności do eksploatacji:

1. Przydatność dobra, w tym:
 - bez zastrzeżeń,
 - prawdopodobnie występują wady nawierzchni;
2. Przydatność zmniejszona ze względu na nieodpowiedni stan torowiska i zwiększone koszty utrzymania nawierzchni, w tym:
 - nieco zmniejszona (warstwa ochronna torowiska nie jest potrzebna),
 - zmniejszona (potrzebna jest cienka warstwa ochronna torowiska),
 - znacznie zmniejszona (potrzebna jest gruba warstwa ochronna torowiska);
3. Przydatność ograniczona ze względu na bezpieczeństwo ruchu pociągów, w tym:
 - stateczność budowli niepewna (konieczny specjalny nadzór),
 - stateczność budowli mała (wskazane zmniejszenie prędkości jazdy pociągów),
 - budowla niestateczna (konieczne wstrzymanie ruchu pociągów lub zmniejszenie ich prędkości do 5 km/h).

W przypadku zmniejszonej przydatności podtorza do eksploatacji z powodu wad torowiska, wskazywany jest stopień pilności ułożenia pokrycia ochronnego torowiska i projektowana jest nowa albo uzupełniająca warstwa ochronna z pospółki.

Wspomaganie oceny jakości robót podtorzowych – QP [41]

System wspomaganie oceny jakości robót podtorzowych:

- ujednocila sposób oceny jakości prac podtorzowych na liniach modernizowanych,

- kwantyfikuje jakość prac, nadając im ocenę wyróżniającą, dobrą, niską lub złą,
- podaje zalecenia dla komisji odbioru prac.

System może być stosowany jako narzędzie doradcze przez jednostki zlecające i odbierające prace podtorzowe przy odbiorach końcowych. Może służyć do porównywania jakości robót na poszczególnych obiektach oraz robót wykonywanych przez różnych wykonawców. Umożliwia również gromadzenie danych z przeprowadzonych odbiorów.

3.2. Systemy informacyjne

Do opisu infrastruktury zarządzanej przez PKP PLK S.A. wykorzystuje się następujące systemy.

Prowadzenie Opisu Sieci – POS [12, 16, 17]

System funkcjonuje od października 1997 r. i służy do zakładania i utrzymywania baz danych o parametrach sieci kolejowej i obiektach infrastruktury kolejowej. Został stworzony w ramach SKPZ w celu unifikacji pojęć, terminologii i procedur, unormowania rodzajów i zakresów danych gromadzonych przez poszczególne jednostki organizacyjne PKP PLK S.A. oraz usprawnienia procesu zakładania i aktualizowania ewidencji elementów infrastruktury kolejowej, automatyzacji wymiany danych z innymi zarządami kolei. Między innymi zapewnia dane dla aplikacji stosowanych przez poszczególne spółki, w tym aplikacji PKP PLK S.A., takich jak SEPE, EWI, SILK, POSEOR. System umożliwia:

- 1) prowadzenie i utrzymanie danych o zarządcach kolei, liniach kolejowych, obiektach eksploatacyjnych, torach niezbędnych do konstrukcji rozkładu jazdy pociągów, parametrach techniczno-eksploatacyjnych i cechach elementów sieci kolejowej, jednostkach organizacyjnych, przejściach granicznych, ograniczeniach eksploatacyjnych,
- 2) udostępnianie zasobów bazy danych innym aplikacjom,
- 3) wymianę z innymi zarządami danych o odległościach taryfowych,
- 4) generowanie zestawień i analiz dotyczących sieci i infrastruktury kolejowej.

System składa się z podstawowej bazy danych oraz aplikacji służących do utrzymania, przetwarzania i wymiany danych, takich jak POS-Raport (zestawienie), ZMIPEL (dane do rozkładów jazdy), e-POS i innych. Aktualizacja parametrów zawartych w POS jest dokonywana co trzy miesiące.

EWidencja Infrastruktury kolejowej – EWI [12, 32, 33]

System opisuje infrastrukturę kolejową opartą na uproszczonych graficznych schematach punktów eksploatacyjnych, przydatnych na przykład przy układaniu rozkładów jazdy pociągów.

POznański System Ewidencji Ograniczeń prędkości i ich Rozliczenia – POSEOR [12, 30, 32, 33]

POSEOR jest systemem informacyjnym wspomagającym funkcjonowanie aplikacji D29. Do jego podstawowych zadań należy utrzymanie bazy danych zawierającej bieżące i archiwalne informacje o ograniczeniach prędkości na liniach sieci PKP, jak również wspomaganie zarządzania obiektami. Posesor umożliwia m.in. automatyzację ewidencjonowania ograniczeń prędkości, dostęp użytkowników do informacji o bieżącym i archiwalnym stanie ograniczeń prędkości, a także wspomaganie planowania i realizacji robót torowych oraz inwestycji modernizacyjnych na sieci PKP.

Aplikacja D29 [30]

Aplikacja dostarcza informacji o liniach kolejowych, takich jak kategoria linii, numer oraz nazwa linii, nazwa stacji początkowej oraz końcowej, kilometr, przeznaczenie linii, przynależność linii do zakładu kolejowego, liczba torów na linii, odgałężenia linii, maksymalna prędkość pociągów.

System Informacji o Liniach Kolejowych – SILK [5, 12]

Referencyjny system SILK jest oparty na GIS (*Geographic Information System*) jest obecnie standardem prezentacji danych dla wszystkich obszarów działalności PKP PLK S.A. w zakresie wizualizacji przestrzennej. Został zaprojektowany w celu gromadzenia, analizowania oraz udostępniania danych związanych z przebiegiem i charakterystyką linii kolejowych. System gromadzi m.in. dane o:

- liniach kolejowych i ważnych punktach, takich jak stacje i przystanki,
- torach szlakowych i głównych zasadniczych,
- znakach regulacji osi torów,
- nieruchomościach.

Wykorzystywany jest m.in. przy tworzeniu rozkładów jazdy i przydzielaniu tras pociągów. Obejmuje cztery moduły:

- 1) moduł LRS (*Linear Reference System*) umożliwiający wizualizację sieci linii kolejowych wraz z wszelkimi danymi dotyczącymi obiektów lub zdarzeń występujących na tych liniach (dokładność map jest sukcesywnie zwiększana do dokładności odpowiadającej mapom sytuacyjno-wysokościowym w skali 1:500),
- 2) moduł „dokumentacja”, przeznaczony do katalogowania, wyszukiwania i analizowania dokumentów zgromadzonych w centralnym repozytorium,
- 3) moduł „nieruchomości”, służący do gromadzenia i analizowania danych dotyczących nieruchomości związanych z liniami kolejowymi,
- 4) moduł „Interaktywna Mapa Lini Kolejowych”, dostępny w wewnętrznej sieci intranetowej PLK S.A.

System Ewidencji Pracy Eksploatacyjnej – SEPE [30]

System jest podstawowym narzędziem pracy dyspozytorskiej, gdyż pozwala na bieżące przetwarzanie danych o realizacji rozkładów jazdy pociągów na sieci zarządzanej przez PKP PLK S.A. Dzięki bieżącej archiwizacji realizacji rozkładów jazdy, a także przyczyn opóźnień pociągów i różnych wydarzeń zaistniałych na sieci linii kolejowych, można sporządzać statystyki z pracy eksploatacyjnej, z tym statystyki obciążeń linii.

Baza Przejazdów Kolejowych [30]

Baza zawiera informacje o przejazdach kolejowych, takie jak: numer linii kolejowej, na której znajduje się przejazd, kilometr w którym przejazd jest umieszczony, nazwa przejazdu, rodzaj nawierzchni drogowej na przejeździe i na dojazdach, rodzaje urządzeń zabezpieczających na przejeździe, kategoria przejazdu, rodzaj zabezpieczenia przejazdu, dostępność kamer monitorujących.

Program informacyjny do obsługi i administrowania liniami kolejowymi – AUTEL [30]

Program AUTEL jest rozbudowaną bazą opisową, służącą do ewidencjonowania i opisu urządzeń kontrolnych zamontowanych w ciągach linii kolejowych, kosztów utrzymania tych urządzeń oraz terminów remontów. Urządzenia w bazie informacyjnej programu podzielone są na grupy, takie jak nastawnie, rogatki, semafony, napędy rozjazdów.

Baza Wypadki i Wydarzenia – WiW [15]

System ten należy do grupy narzędzi służących do monitorowania Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem (SMS) w spółce PKP PLK S.A. Zapewnia on prowadzenie bazy wypadków i wydarzeń oraz statystyczną analizę zawartych w niej danych. Dane i informacje wprowadzają do bazy wyznaczeni pracownicy zakładów linii kolejowych, a nadzór merytoryczny nad bazą WiW sprawuje Biuro Bezpieczeństwa PKP PLK S.A.

Rejestr Infrastruktury – RINF [48]

Rejestr infrastruktury wprowadzono zgodnie z decyzją Komisji Europejskiej 2014/880/UE jako narzędzie służące do zapewnienia zgodności pociągów z trasami infrastruktury dopuszczonej do eksploatacji na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/16/WE oraz 2008/57/WE. Gromadzone w nim dane dotyczą charakterystyk i parametrów technicznych podsystemów strukturalnych, obejmujących elementy drogi kolejowej, automatyki, łączności i energetyki.

W Polsce, krajowy rejestr infrastruktury kolejowej RINF-PL jest prowadzony przez Urząd Transportu Kolejowego, w postaci elektronicznej i zgodnie z przepisami wydanymi przez Komisję Europejską dotyczą-

cymi wspólnej specyfikacji rejestru infrastruktury kolejowej. Zarządcy infrastruktury kolejowej oraz użytkownicy bocznic kolejowych są zobowiązani do zbierania i przekazywania danych do rejestru RINF.

Mapa Interaktywna Linii Kolejowych – MILK [29]

W 2013 roku PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. przekazały do użytku ogólnodostępny serwis internetowy Mapa Interaktywna Linii Kolejowych. Serwis ten umożliwił dostęp do informacji o liniach kolejowych i punktach eksploatacyjnych, ich podstawowych charakterystyk oraz położeniu na mapie. W serwisie możliwe jest wyszukiwanie informacji o interesujących obiektach oraz wykonywanie prostych analiz. Dodatkowo, MILK udostępnia dane z map akustycznych wykonanych dla linii kolejowych. Wraz z serwisem MILK udostępniono serwis WMS (*Web Map Service*), za pośrednictwem którego istnieje możliwość wyświetlenia danych o liniach kolejowych, punktach eksploatacyjnych oraz granicach Zakładów Linii Kolejowych.

3.3. Systemy wspomagające zarządzanie

System Kierowanie Przewozami i Zarządzania – SKPZ [10, 12]

Prace nad kompleksowym systemem SKPZ i kolejową siecią teletransmisyjną KOLPAK rozpoczęły się w końcu 1992 roku, a w 1996 roku rozpoczęto zapewnianie baz danych. Właściwe prace poprzedzono rozpoznaniem podobnych systemów zrealizowanych na kolejach USA, Kanady, Wielkiej Brytanii, Francji i Niemiec. Celem było zaprojektowanie i wykonanie jednorodnej i aktualnej bazy danych opisującej sieć kolejową dla rozmaitych procesów działalności podmiotów Grupy PKP. Docelowo system SKPZ miał być systemem otwartym, umożliwiającym kontakty z innymi sieciami informatycznymi i obejmować 13 następujących obszarów działalności:

1. Finanse i administracja,
2. Gospodarka wagonami,
3. Marketing pasażerski,
4. Marketing towarowy,
5. Obsługa trakcyjna,
6. Organizowanie przewozów pasażerskich,
7. Organizowanie przewozów towarowych,
8. Organizowanie ruchu pociągów,
9. Realizacja przewozów,
10. Sprzedaż usług pasażerskich,
11. Sprzedaż usług towarowych,
12. Utrzymanie taboru,
13. Zarządzanie infrastrukturą.

Założono, że system SKPZ będzie realizowany w trzech etapach:

1. Informatyzacja sprzedaży usług i kontrola procesów przewozowych, a także wdrożenie podstawowych systemów finansowo-księgowych.

2. Wsparcie informatyczne utrzymania infrastruktury i taboru oraz optymalizacja wykorzystania taboru kolejowego.
3. Wspomaganie procesów planistycznych dotyczących utrzymania taboru i infrastruktury, w tym system wspomaganie decyzji.

Realizacja SKPZ zgodnie z przyjętymi planami natrafiła jednak na trudności związane z ograniczonymi środkami finansowymi oraz zmianami restrukturyzacyjnymi na PKP, takimi jak wydzielenie sektorów, a następnie spółek w ramach Grupy PKP S.A., dlatego do 2001 roku jeszcze realizowano etap pierwszy i w wybranych elementach etap drugi. Po stworzeniu Grupy PKP S.A., spółką która przejęła całość spraw związanych z SKPZ, jest PKP Informatyka Sp. z o.o.

Obecnie system SKPZ nie jest rozwijany, jednak powstałe już aplikacje są nadal używane i przekształcane w osobne systemy. Wśród aplikacji SKPZ, które zostały do tej pory wdrożone do eksploatacji, dominują aplikacje dotyczące infrastruktury oraz przewozów towarowych. Do najważniejszych funkcjonujących już aplikacji związanych z infrastrukturą kolejową należy system POS, będący bazą danych dla wielu innych aplikacji.

System zarządzania MOstami Kolejowymi – SMOK [6, 7, 8, 32–34]

System SMOK jest dużym, wspomaganym komputerowo systemem zarządzania kolejowymi obiektami inżynierskimi; obejmuje obiekty takie, jak mosty, wiadukty, przepusty, przejścia nad torami, tunele, ściany oporowe. Koncepcja systemu była opracowana w 1992 r. przez Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej i ówczesny Naczelny Zarząd Utrzymania Kolei Dyrekcji Generalnej PKP, natomiast podstawowe oprogramowanie zostało zleczone Komputerowej Asocjacji Informacyjnej BOGART. Równocześnie z opracowywaniem systemu, Naczelny Zarząd Utrzymania Kolei DG PKP podjął prace nad reorganizacją służb mostowych, zmianą systemu zarządzania utrzymaniem tych obiektów oraz aktualizacją odpowiednich przepisów.

W zamierzeniu system miał zawierać następujące moduły: sprawozdawczość i statystyka, stan techniczny i bezpieczeństwo, przydatność użytkowa i eksploatacyjna, projektowanie i ekspertyzy, planowanie i alokacja środków, obsługa działalności rynkowej, systemy eksperckie, moduł komunikacji zewnętrznej. Pierwsza wersja systemu została wdrożona w całym kraju w 1997 roku i umożliwiła stworzenie komputerowej ewidencji kolejowych obiektów inżynierskich. Kolejną wersję obsługującą gromadzenie i przetwarzanie danych o uszkodzeniach oraz ocenę stanu obiektów, a także planowanie działań utrzymaniowych, zaimplementowano w 2000 roku w części

jednostek organizacyjnych PKP. Pomimo dużego zaangażowania kilkudziesięciu specjalistów, przeprowadzane w kolejnych latach restrukturyzacje przedsiębiorstwa PKP doprowadziły do zahamowania rozwoju systemu oraz ograniczenia zakresu jego stosowania. Mimo tego, niektóre jego komponenty, w tym baza danych o obiektach oraz numeryczna mapa linii kolejowych, są wykorzystywane do dzisiaj. System zawiera unikalne narzędzia eksperckie, takie jak:

- Funkcja Ekspertowa Stanu Technicznego FEST, generująca oceny stanu technicznego konstrukcji; na podstawie rodzaju, intensywności i rozległości uszkodzeń ocenianego elementu konstrukcji, narzędzie ekspertowe FEST generuje ocenę stanu technicznego w skali od 0 – stan awaryjny do 5 – stan bardzo dobry; w funkcji FEST zastosowano technologię wielopoziomowych sieci hybrydowych wykorzystujących technikę sieci neuronowych, logikę rozmytą oraz komponenty funkcyjne.
- System MyBriDE, służący do określania nośności murowanych przęseł mostowych z wykorzystaniem rozległej bazy wiedzy i analiz symulacyjnych nośności granicznych uszkodzonych konstrukcji murowanych.

4. Przykłady innych systemów informatycznych

Poszczególne koleje i państwa rozwijają zarówno różnego rodzaju systemy ewidencyjno-decyzyjne, gromadzące dane i wspomagające zarządzanie infrastrukturą, jak i systemy diagnostyczno-doradcze, wykorzystywane m.in. do agregowania danych i oceny stanu wybranych elementów drogi kolejowej. Przedstawiony podział jest umowny, gdyż najczęściej zgromadzone dane są wykorzystywane do różnych celów związanych ze sprawnym zarządzaniem. Powstało wiele firm oferujących gotowe pakiety oprogramowania dla różnych podmiotów. Niektóre z systemów scharakteryzowano w [4, 21, 26, 37], inne zaś opisano w niniejszym artykule.

ECONomical TRACK – ECOTRACK [18, 19, 38]

System ECOTRACK (ECONomical TRACK) powstał w 1998 roku z inicjatywy Komitetu Rzeczoznawców D187 ERRI (*European Rail Research Institute*) przy wsparciu rządów kolejowych stowarzyszonych w UIC (*Union Internationale des Chemins de fer*)⁴.

System ECOTRACK gromadzi wiedzę i doświadczenia kolei europejskich dotyczącą zachowania się i utrzymania torów i jest narzędziem wspomagają-

cym planowanie utrzymania i renowacji nawierzchni kolejowej. Głównym celem systemu jest dostarczenie zarządcom infrastruktury kolejowej narzędzia umożliwiającego ocenę stanu torów, określanie rodzajów i kolejności prac utrzymaniowych, długoterminowe planowanie tych prac, minimalizowanie całkowitych kosztów utrzymania toru i uzyskiwanie odpowiedzi na pytania typu:

- jaka jest przeciętna jakość linii sieci podstawowej lub linii dużych prędkości?
- jaki będzie przewidywany w przyszłości koszt regulacji położenia toru lub jego remontu?
- co będzie z remontami jeśli budżet będzie zmniejszony o 10% albo prace w danym roku nie zostaną przeprowadzone?

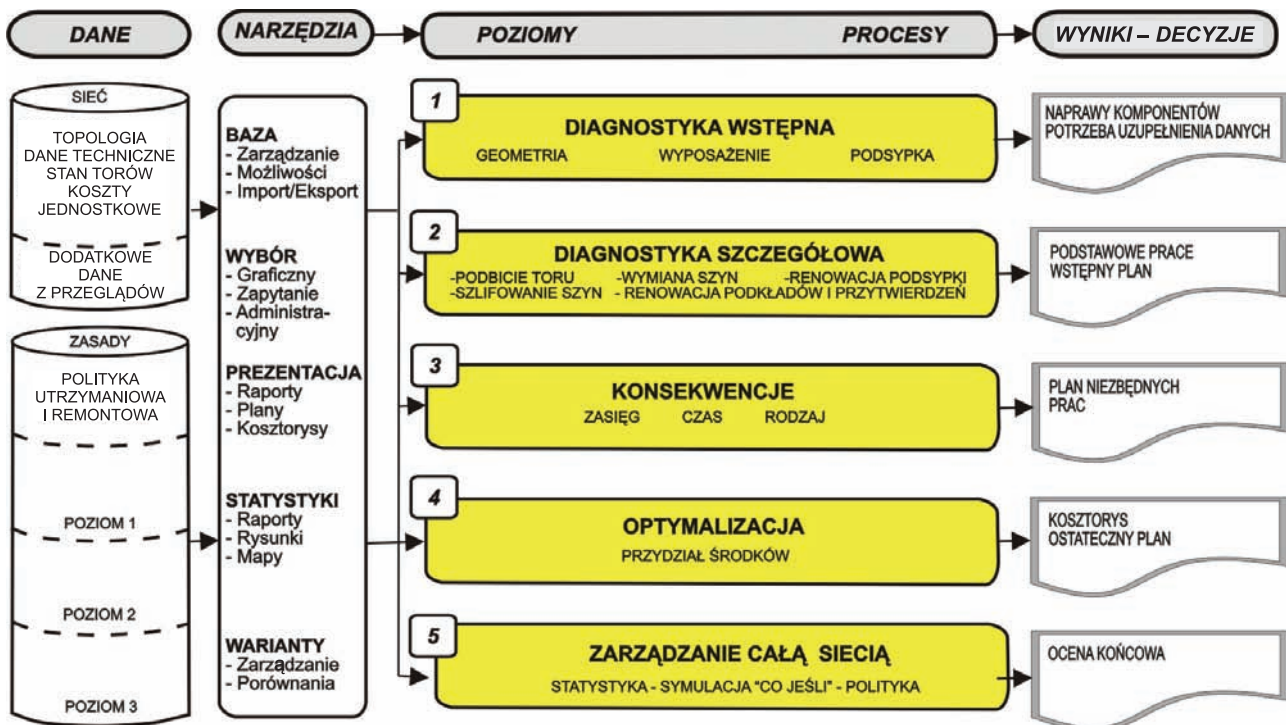
Rozwiązania proponowane przez system są generowane przy założeniu zakresu robót minimalizującym całkowite koszty eksploatacji torów o założonym poziomie utrzymania. Rozwiązania dotyczą różnych zakresów czasowych: 2–24 miesięcy dla robót utrzymaniowych (podbicie, szlifowanie, lokalne regulacje) i 1–10 lat dla renowacji torów (całkowita wymiana nawierzchni lub jej elementów). Najważniejsze funkcje systemu ECOTRACK pokazano na rysunku 5.

System ekspercki wspomagający zarządzanie – PATER [23, 27]

System PATER jest utrzymywany i rozwijany od wielu lat przez firmy MÁV Central Rail and Track Inspection Ltd., Axis Consulting 2000 Ltd. oraz Printer-fair Ltd. Umożliwia on ewidencję stanu toru (zwłaszcza szyn) oraz wspomaganie decyzji w zakresie technicznego i finansowego planowania napraw i utrzymania dróg kolejowych, w tym doboru technologii robót. System wykorzystuje dane z różnych źródeł i składa się z następujących powiązanych ze sobą modułów:

- baza danych o infrastrukturze wraz oprogramowaniem służącym do eksportu danych i ich prezentacji,
- baza danych z pomiarów, m.in. położenia geometrycznego toru, zużycia i wewnętrznych uszkodzeń szyn,
- bezpieczeństwo ruchu (dopuszczalne prędkości pociągów i bezpieczeństwo ruchu są określane na podstawie informacji zawartych w bazach danych, a wyniki mogą być wykorzystane przy opracowywaniu planu utrzymania),
- proponowane prace (moduł umożliwia analizę wyników pomiarów przeprowadzonych w poszczególnych latach i wskazanie potrzebnych robót, takich jak wyrównanie toru, oczyszczanie

⁴ W Komitecie D187 ERRI czynny udział brali pracownicy CNTK.



Rys. 5. Schemat systemu ECOTRACK; opracowano na podstawie [38]

podsyпки, wymiana szyn z powodu nadmiernego zużycia, szlifowanie szyn, utrzymanie elementów infrastruktury),

- technologia i koszty (po wybraniu technologii i lokalizacji robót system podaje koszt robót),
- strefa biznesu (moduł ten pozwala stosować różne filtry i uzyskiwać różne zestawienia oraz statystyki przydatne w zarządzaniu).

BISTRA [13]

System umożliwia wielostronne analizy i oceny, w tym średnio- i długookresowe symulacje, różnych strategii utrzymania dróg kolejowych na kolejach DB AG. Podstawą oceny jest zużycie elementów, metoda budowy i rentowność.

Deutsche Bahn GIS – DB-GIS [25, 28]

System DB-GIS służy do zarządzania infrastrukturą i przewozami na 40 000 km sieci kolejowej DB AG. System udostępnia informacje zarówno graficzne, jak i alfanumeryczne, dotyczące terenu i obiektów kolejowych, m.in. znaków kilometrowych, kabli, urządzeń srk, skarp i rowów, murów oporowych, mostów, przejazdów. Dane do systemu są dostarczane przez wszystkie służby i współpracujące firmy. Wprowadzenie systemu DB-GIS wymagało zmian w innych systemach w zakresie sposobów zbierania i dokumentowania danych, zwłaszcza w przypadkach występowania nieciągłości kilometrażu tras kolejowych.

PRINZIP [1, 20]

Opracowany na kolejach DB AG system PRINZIP informuje o stanie technicznym budowli i obiektów srk. Na podstawie wprowadzonych informacji dotyczących konserwacji i napraw, system podaje meldunki o potrzebie konserwacji, zakłóceniach w działaniu urządzeń, usuniętych już usterkach oraz kolejności i terminach stosownych zabiegów utrzymaniowych. Możliwe są dwa rodzaje planowania utrzymania: terminowe w cyklach od dwu- do sześciomiesięcznych oraz zależne od czasu eksploatacji urządzeń. Oprogramowanie zapewnia interfejsy do innych systemów DB AG.

GeoEdit [47]

GeoEdit ułatwia zadania pracowników kolei JNR zajmujących się utrzymaniem torów, gdyż graficznie pokazuje wyniki pomiarów torów oraz ich wady. Pracownik może obejrzeć zarówno pojedynczy pomiar toru, jak i nałożone dane z kilku pomiarów.

TMAS [43, 44]

System doradczy, eksploatowany w Kanadzie, służy do prognozowania żywotności części składowych nawierzchni, lokalizacji miejsc wymagających naprawy, ustalania priorytetów utrzymaniowych, zakresu i harmonogramu naprawy oraz doboru optymalnych maszyn. Dane do systemu są zbierane podczas przeglądów oraz jazd wagonów pomiarowych.

Mikro-LABOCS [46]

Stosowany na kolejach JNR system zarządzania bazą danych z pomiarów stanu torów charakteryzuje się interaktywnym przetwarzaniem danych i dużymi możliwościami graficznymi. System analizuje spokojność jazdy wagonu pomiarowego, zgodność stanu toru z wymaganiami i profilem projektowym oraz dostarcza danych do zautomatyzowanych podbijarek podkładów.

Mincom Information Management System – MIMS [24]

Uniwersalny system MIMS stworzono w celu zwiększenia efektywności zarządzania przedsiębiorstw. Składa się z podsystemu zarządzania materiałami, produkcją i utrzymaniem, finansami, pracownikami oraz modułów narzędziowych. System ma otwartą hierarchiczną architekturę, umożliwia współdziałanie różnych platform sprzętowych i sieci (LAN, Internet), zapewnia korzystanie z różnych języków programowania (m.in. C++, Cobol) i różnych baz danych (DB2, Oracle, Rdb, Informix, RDMS, Sybase). Dostosowanie systemu do konkretnych potrzeb wymaga oczywiście szczegółowego ich zdefiniowania.

SAP ERP [39]

SAP ERP (poprzednio SAP R/3), to zintegrowany modułowy pakiet stworzony przez niemiecką firmę SAP AG, wspierający zarządzanie dużych i średnich firm. Zapewnia dostęp do najważniejszych danych, aplikacji oraz narzędzi analitycznych i ułatwia procesy zaopatrzenia, produkcji, obsługi, sprzedaży, finansów, a także zarządzania kadrami.

SimObau [35]

Oprogramowanie SimObau jest wykorzystywane w zarządzaniu danymi dotyczącymi utrzymania oraz optymalizacji strategii utrzymania torów. Umożliwia między innymi:

- utrzymanie bazy danych i graficzne prezentacje danych,
- analizy statystyczne,
- oceny robót utrzymaniowych,
- oceny stanu torów w długich okresach, w tym uwzględnianie obciążeń torów,
- prognozowanie terminów robót utrzymaniowych,
- import i eksport danych.

Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe – INSPIRE [11, 14]

W państwach Unii Europejskiej istnieje olbrzymia liczba baz danych rozproszonych po wielu instytu-

cjach w zależności od dziedziny, której dotyczą. Zebranie informacji przestrzennej dotyczącej środowiska danego regionu jest czasochłonne i pracochłonne, natomiast porównywanie tych danych między różnymi krajami Unii Europejskiej jest niemal niemożliwe, gdyż nie są one zharmonizowane.

Z tych względów w 2007 roku powstała inicjatywa nazwana INSPIRE (*IN*frastructure for *SP*atial *IN*foRmation in Europe – Infrastruktura Informacji Przestrzennej w Europie) oraz Dyrektywa Unii Europejskiej o takiej samej nazwie, mające na celu ułatwienie i przyspieszenie dostępu do danych oraz zwiększenie możliwości ich porównywania w ramach krajów Unii Europejskiej. INSPIRE bazuje na SDI (*SP*atial *D*ata *IN*frastructure), tzn. na infrastrukturze danych przestrzennych państw członkowskich. W ramach INSPIRE, w każdym z państw UE ma być stworzony geoportal umożliwiający dostęp do odpowiednio zharmonizowanych zasobów danych przestrzennych w formie usług sieciowych, serwisów katalogowych oraz przede wszystkim przez metadane. W Polsce, taki portal funkcjonuje już pod adresem www.geoportal.gov.pl. Umożliwia on uzyskiwanie różnorodnych danych, w tym danych dotyczących sieci transportowych.

Jednym z istotnych wymagań INSPIRE jest to, że „powinna być zapewniona ciągłość przestrzenna danych tak, aby było możliwe pozyskanie zasobów z różnych źródeł oraz aby było możliwe ich udostępnianie wielu użytkownikom i do różnorodnych zastosowań”. Wymaganie to nakłada na zarządców poszczególnych baz danych, dotyczących transportu szynowego, obowiązek udostępniania wymaganych danych.

5. Założenia systemu wspomaganie zarządzania infrastrukturą PKP PLK S.A.

5.1. Charakterystyka systemu

W latach 2011–2012 w Instytucie Kolejnictwa opracowano założenia Systemu Wspomaganie Zarządzania Infrastrukturą (SIWZ)⁵. W systemie wydzielono infrastrukturę [9, 32–34]:

- drogową,
- automatyki i telekomunikacji,
- energetyczną.

Założono, że system nie będzie systemem diagnostycznym, lecz jedynie narzędziem do groma-

⁵ Wcześniej w CNTK wykonano pracę z propozycją systemu o nazwie GIS-AIL, w której m.in. zdefiniowano kilkadziesiąt wskaźników charakteryzujących drogi kolejowe. Propozycja ta była przedmiotem licznych spotkań z zespołem specjalistów z kierownictwa PKP PLK S.A. i jednostek liniowych.

dzenia wiarygodnych informacji opisujących infrastrukturę kolejową oraz wspomagania procesów decyzyjnych w zakresie zarządzania tą infrastrukturą. W tym celu, do systemu będą importowane dane z innych systemów funkcjonujących już w spółce PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. takich, jak oprogramowanie pojazdów pomiarowych, system POS, POSEOR, EWI.

Zbiory danych opisujących infrastrukturę kolejową w zakresie poszczególnych branż podzielono na mniejsze grupy oraz podgrupy. Przykładowy podział danych dotyczących infrastruktury drogowej przedstawiono w tablicy 1, przy czym dwie pierwsze grupy danych są wspólne dla wszystkich branż i opisują sieć kolejową PKP PLK S.A.

Przyjęto następujące atrybuty poszczególnych danych:

- 1) Liczba porządkowa – określa położenie danej w zbiorze;
- 2) Etykieta – określa nazwę danej;
- 3) Opis – zawiera szczegółowy opis danej;
- 4) Rodzaj – charakteryzuje dane według kategorii (np. data, liczba, lista, współrzędne XYZ);
- 5) Rozwinięcie listy, przykład – uzupełnia informacje o rodzaju danej;
- 6) Edycja – zawiera informację o jednostce odpowiedzialnej za edycję danej;
- 7) Aktualizacja – podaje częstość aktualizacji danych, najczęściej „na bieżąco”;
- 8) Źródło – określa źródło pozyskania lub formuły obliczania danej;
- 9) Obligatoryjność danej (np. dana obligatoryjna, fakultatywna).

5.2. Wskaźniki stanu technicznego

Ważnym elementem proponowanego systemu bazy danych SIWZ są tzw. wskaźniki służące do określania aktualnego bądź prognozowanego stanu elementów infrastruktury, a także wyszukiwania nieprawidłowości procesu utrzymania. W systemie przewidziano wskaźniki trojakiemu rodzajowi [9, 32–34]:

- eksploatacyjne – odniesione do obowiązujących prędkości, nacisków i skrajni budowli, służące ocenie stanu technicznego i jakości utrzymania infrastruktury na bazie efektów,
- techniczne, uniwersalne – w sposób statystyczny agregujące wyniki oceny stanu technicznego infrastruktury prowadzonej według przepisów oraz praktyki PKP PLK S.A.,
- techniczne, branżowe – charakterystyczne dla oceny infrastruktury w danej branży, tworzone od podstaw lub na podstawie obowiązujących przepisów.

Przyjęto, że wskaźniki powinny być uniwersalne, a zapytania powinny umożliwiać wybór linii, torów,

odcinków, zakładów, województw oraz tworzenia reguł typu IF, ELSE, OR, AND. Ze względu na przebudowę wielu linii i potrzebę oceny efektywności tych prac, zapytania powinny zawierać również regułę dotyczącą modernizacji. Tak rozszerzone zapytania pozwolą uzyskać nie tylko informacje odnoszące się do aktualnego stanu elementów infrastruktury, ale również informacje obrazujące skuteczność modernizacji oraz degradację infrastruktury podczas dalszej eksploatacji, co może być pomocne w planowaniu długookresowego utrzymania linii kolejowych.

Podstawowe pola wyboru umożliwiające formułowanie zapytań pokazano na rysunku 6. W pracach Instytutu Kolejnictwa zaproponowano wstępnie definicje następujących wskaźników dotyczących infrastruktury drogowej:

- 1) wskaźniki eksploatacyjne infrastruktury drogowej: udział ograniczeń eksploatacyjnych (O_E), udział ograniczeń prędkości (O_V), udział ograniczeń nacisków osi (O_N), średnie ograniczenie prędkości (v_0), średnie ograniczenie nacisku osi (N_{B0} , N_{C0}), dostępność prędkości konstrukcyjnej (D_{VK}), dostępność nacisku osi (D_{NB} , D_{NC});
- 2) wskaźniki stanu nawierzchni kolejowej: stopień degradacji szyn (G_S), stopień degradacji podkładów (G_P), stopień degradacji podsypki (G_T), stopień degradacji nawierzchni (G), wskaźnik syntetyczny stanu toru (J), wadliwość pięcioparametrowa toru (W_5), wskaźnik syntetyczny dokładności utrzymania rozjazdu (J_R), wskaźnik maksymalnego relatywnego przekroczenia odchyłek dopuszczalnych w rozjeździe (S_{pm}), wskaźnik rozległości przekroczeń w rozjazdach (E), wskaźnik powtarzalności przekroczeń w rozjazdach (P), wadliwość grupy rozjazdów (W), średni stopień przekroczenia odchyłek dopuszczalnych w grupie rozjazdów (S), średni wskaźnik rozległości przekroczeń odchyłek dopuszczalnych w grupie rozjazdów (E_S), średni stan techniczny przytwierdzeń, złącz, spoin oraz zgrzein (S_{Psr} , S_{Ksr} , S_{Bsr}), średni stan techniczny rozjazdów (S_{Rsr}), średni stan techniczny przejazdów kolejowych (S_{Ssr}), udział stanu technicznego przytwierdzeń, złącz, spoin oraz zgrzein (W_{ps} , W_{ks} , W_{bs}), udział stanu technicznego rozjazdów (W_{rs}), udział stanu technicznego przejazdów kolejowych (W_{ss}), udział robót utrzymania obiektów liniowych (O_{lr}), udział robót utrzymania obiektów punktowych (O_{pr});
- 3) wskaźniki stanu podtorza kolejowego: stan budowli ziemnej (W_b), stan torowiska (W_t), stan odwodnienia (W_o), stopień degradacji podtorza (W_p), wady i ograniczenia eksploatacyjne z winy podtorza (W_e);
- 4) wskaźniki stanu budynków i budowli: średni stan techniczny peronów, ramp, placów ładunkowych (S_{Lsr}), średni stan techniczny innych obiektów

Tablica 1

Podział danych dotyczących infrastruktury drogowej na grupy i podgrupy [9]

Lp.	Grupy danych	Podgrupy danych	
1	Definicja elementów sieci kolejowej	1.1	Wykaz linii kolejowych
		1.2	Wykaz punktów eksploatacyjnych
		1.3.1	Wykaz torów kolejowych (SZL, GZ)
		1.3.2	Wykaz torów kolejowych (GD, B, INNE)
2	Opis elementów sieci kolejowej	2.1	Przynależność administracyjna linii kolejowych
		2.2	Charakterystyka odcinków linii kolejowych
		2.3	Przyporządkowanie odcinków linii do międzynarodowych ciągów przewozowych
		2.4	Geometria toru
		2.5.1	Parametry eksploatacyjne torów (POS)
		2.5.2	Ograniczenia par eksploatacyjnych torów (POSEOR)
		2.6	Wykaz zdarzeń dla potrzeb ERA
3	Nawierzchnia kolejowa	3.1	Podkłady kolejowe
		3.2	Szyny, przytwierdzenia, złącza
		3.3	Podsypka
		3.4.1	Rozjazdy i skrzyżowania torów (SZL, GZ)
		3.4.2	Rozjazdy i skrzyżowania torów (GD, B, INNE)
		3.5	Nawierzchnia na skrzyżowaniach z drogami i przejściach dla pieszych w poziomie szyn
		3.6.1	Roboty torowe
		3.6.2	Diagnostyka
4	Podtorze kolejowe	4.1	Charakterystyka podtorza
		4.2	Stan podtorza
		4.3	Wady podtorza i ograniczenia eksploatacyjne z powodu wad podtorza
		4.4	Remonty i modernizacje podtorza
5	Budynki i budowle	5.1	Perony
		5.2	Place ładunkowe i rampy
		5.3	Drogi kołowe należące do PKP PLK S.A.
		5.4	Budynki i pomieszczenia wydzielone
		5.5	Pozostałe elementy infrastruktury kolejowej
		5.6.1	Roboty budowlane
		5.6.2	Diagnostyka
6	Obiekty inżynieryjne	6.1	Mosty
		6.2	Wiadukty
		6.3	Przejścia pod torami
		6.4	Przepusty
		6.5	Ściany oporowe
		6.6	Tunele liniowe
		6.7	Kładki dla pieszych
7	Ochrona środowiska	7.1	Przejścia dla zwierząt
		7.2	Ekrany akustyczne
		7.3	Urządzenia do odpłaszczania zwierząt
8	Certyfikacja	8.1	Dokumenty (certyfikacja)

- ($S_{x_{sr}}$), udział stanu technicznego peronów, ramp, placów ładunkowych (W_{LS}), udział stanu technicznego pozostałych obiektów (W_{XS}), udział robót utrzymania obiektów punktowych (O_{pr});
- 5) wskaźniki obiektów inżynierskich: zużycie techniczne poszczególnych grup składowych elementów obiektu (S_e), udział ograniczeń eksploatacyjnych (O_e), dostępność prędkości (D_v), dostępność nacisku (D_N), średnie ograniczenie prędkości (v_0), średnie ograniczenie nacisku (N_0), stan elementów punktowych (W_{sp}), stan elementów liniowych (W_{sl}), stopień degradacji mostownic (G_p), stopień degradacji podsypki (G_T), stopień degradacji nawierzchni (G);
- 6) wskaźniki stanu urządzeń ochrony środowiska: wskaźnik stanu elementów liniowych – ekrany akustyczne (W_{sl}), współczynnik robót liniowych – ekrany akustyczne (R_{lr}), stan elementów punktowych – UOZ (W_{sp}), współczynnik robót punktowych – UOZ (R_{pr}).

Podkreślono, że nie wszystkie wskaźniki muszą być predefiniowane, ponieważ w większości przypadków żadaną odpowiedź będzie można uzyskać po zadaniu pytania w języku zapytań obsługującym daną bazę, np. SQL. Zdefiniowanie wszystkich użytecznych wskaźników na etapie tworzenia systemu bazy danych nie jest też możliwe, gdyż faktyczne potrzeby zarządzających infrastrukturą ujawnią się dopiero po pewnym okresie funkcjonowania systemu. Wydaje się, że w pierwszej kolejności powinny być zdefiniowane jedynie wskaźniki ogólne, charakteryzujące stan infrastruktury oraz wskaźniki weryfikacyjno-kontrolne, umożliwiające wykrycie nieprawidłowości w utrzymaniu. Test wskaźników stanu technicznego infrastruktury proponowa-

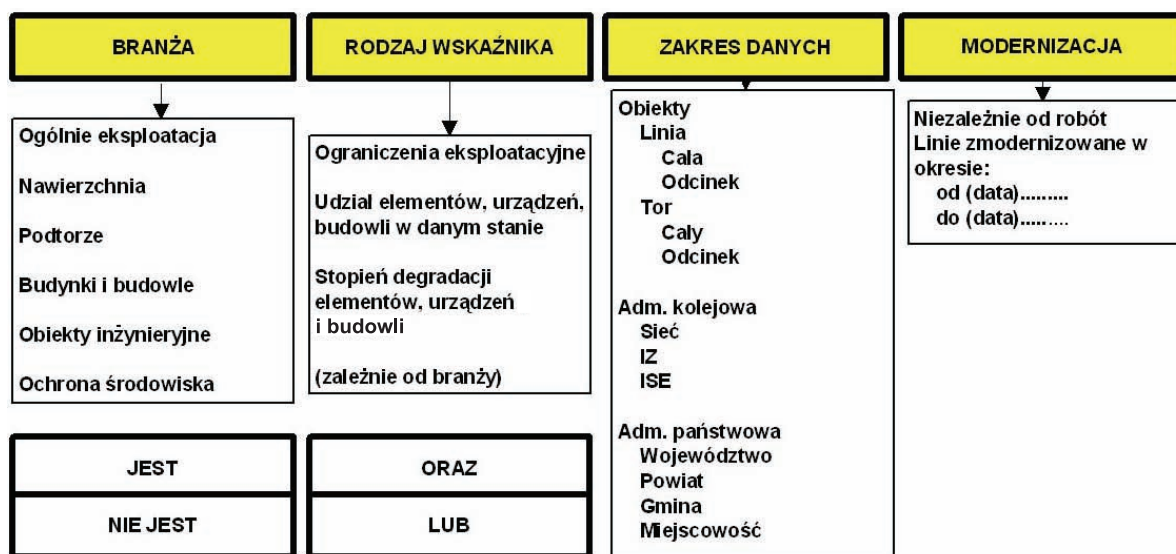
nych w SIWZ, przeprowadzony dla kilku odcinków wybranych linii, pozwolił na sformułowanie między innymi następujących wniosków:

- 1) szczególnie przydatne są wskaźniki syntetyczne, umożliwiające agregację stanów zestawów urządzeń i elementów na różnych zbiorach, tzw. odcinków jednorodnych, np. stopień degradacji nawierzchni (szyn, podkładów, podsypki) lub stopień degradacji podtorza,
- 2) konieczne jest odpowiednie sprecyzowanie kryteriów oceny stanu technicznego tych obszarów infrastruktury, których obecna ocena odbywa się opisowo, na zasadzie określenia stanu (np. dobry, dostateczny, zły); wypracowanie odpowiednich kryteriów powinno wynikać z doświadczeń branżowych, jak również z obserwacji, które zostaną poczynione już na etapie działania SWZI, wypełnionego docelową liczbą danych.

6. Podsumowanie

Z przedstawionych informacji wynika, że PKP PLK S.A. przeważnie wykorzystuje systemy informacyjne, które dostarczają jedynie opisowych informacji o obiektach infrastruktury kolejowej. Systemy te nie zapewniają kompleksowego przeglądu tej infrastruktury, określenia jej stanu i skutecznego wspomaganie zarządzania.

Elementy podstawowej infrastruktury liniowej są dość dobrze ujednoczone i opisane, między innymi w systemie POS, natomiast dane o parametrach infrastruktury punktowej są rozproszone i w dużym stopniu niejednolite. Na przykład, nie istnieją żadne systemy, które w jakikolwiek sposób charakteryzowałyby



Rys. 6. Proponowane reguły zapytań predefiniowanych [33]

dworce kolejowe, pokazywały ich strukturę komunikacyjną i informowały o opisujących je parametrach. Wadą użytkowanych systemów jest też ich niejednorodność utrudniająca, a niekiedy uniemożliwiająca, przesyłanie i zestawianie danych oraz ich analizy, co powoduje, że wiele danych jest dublowanych.

Wydaje się, że głównymi powodami obecnego stanu informatyzacji w zakresie infrastruktury kolejowej były zbyt wygórowane ambicje ludzi zajmujących się informatyką kolejową w latach 90. ubiegłego wieku, a później wdrażanie systemu SKPZ w warunkach ciągłej restrukturyzacji PKP. Przerwano wówczas wiele prac nad mniejszymi systemami o przeznaczeniu eksploatacyjnym bez szans na zastąpienie ich czymś lepszym. Warto jednak zauważyć, że mimo iż system SKPZ stworzono dla przedsiębiorstwa zintegrowanego, a nie licznych spółek, to jego elastyczność pozwalała na szybkie jego dostosowanie do nowych struktur organizacyjnych. Prawdopodobnie powrót do pierwotnych założeń SKPZ nie będzie możliwy, ale warto rozwijać te aplikacje systemu, które sprawdziły się już w działaniu, jak i wprowadzać nowe aplikacje spełniające wymogi interoperacyjności Unii Europejskiej.

Potrzeby w zakresie informatyzacji kolei w Polsce są nadal ogromne. Istnieje bowiem konieczność opracowywania systemów scalających istniejące aplikacje i umożliwiających bardziej wszechstronne wykorzystywanie gromadzonych danych. Kształt takiego systemu, na przykład dotyczącego dróg kolejowych, jest trudny do określenia. Można jednak przyjąć, że powinien on wynikać przede wszystkim z celu systemu. Pochodną tego będzie wtedy jego umiejscowienie,

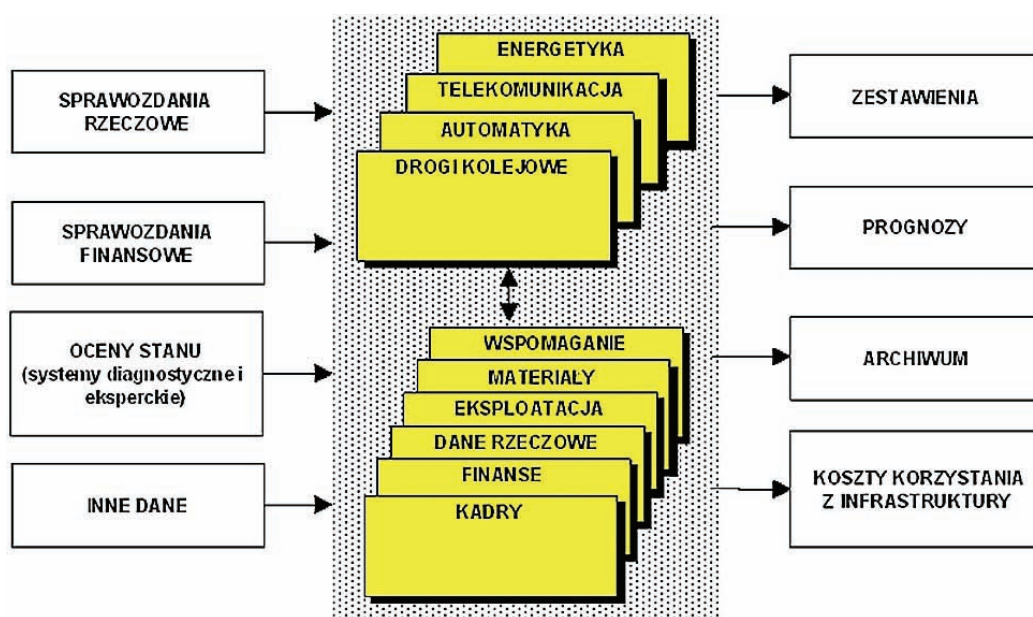
rodzaje gromadzonych danych i sposoby ich przetwarzania. Można bowiem wyobrazić sobie różne rozwiązania praktyczne, np.:

- system wspomagania zarządzania infrastrukturą, zawierający jedynie syntetyczne dane niezbędne do zarządzania na szczeblu najwyższym,
- system wspomagania utrzymania dróg kolejowych, obejmujący wszystkie szczeble, eliminujący większość wymaganych obecnie dokumentów sprawozdawczych, wyposażony w odpowiednie aplikacje wspomagająco-doradcze i ekspertowe,
- system „unifikujący, nadzorujący i agregujący” istniejące już aplikacje, ułatwiający przepływy danych (rys. 7).

Propozycją mogą być również opisane założenia Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą (SIWZ). Niezależnie od tego, celowe jest:

- tworzenie szczegółowych paszportyzacji elementów linii kolejowych, przy czym zakres gromadzonych danych powinien wynikać z zasady „minimum informacji – maksimum korzyści”,
- rozwijanie programów wspomagająco-doradczych i systemów eksperckich, ułatwiających oceny stanu oraz podejmowanie decyzji technicznych i ekonomicznych.

W podsumowaniu warto przypomnieć, że kolebką informatyki stosowanej w różnych technicznych specjalnościach kolejowych był Instytut Kolejnictwa (poprzednio CNTK, COBiRTK, INBK). Już w 1958 roku wbyłym Instytucie Naukowo-Badawczym Kolejnictwa,



Rys. 7. Przykładowe przepływy informacji [opracowanie własne] skład: pobrać plik z rysunkiem

przy współpracy specjalistów z Zakładu Trakcji Instytutu Elektrotechniki i byłej Katedry Trakcji Elektrycznej i Prądostawów Politechniki Warszawskiej, opracowano i zbudowano analizator analogowy ATRA. Analizator był eksploatowany aż do 1970 roku, tj. do chwili jego zużycia. Z wyników jego obliczeń korzystali specjaliści trakcji elektrycznej, zabezpieczenia ruchu kolejowego, służby ruchu i inni. W latach 60-tych ubiegłego wieku, staraniem ówczesnego zastępcy dyrektora Instytutu, mgr. inż. Bekira Assanowicza, zorganizowano Zakład Elektronicznej Techniki Obliczeniowej (Zakład ETO) z maszyną Odra 1204 [22]. Od tego czasu COBiRTK opracowywał systemy informatyczne, a jego pracownicy publikowali artykuły i wydawali monografie poświęcone informatyce w kolejnictwie. Pierwszy program na maszynę cyfrową, dotyczący przejazdów teoretycznych, opracowano w COBiRTK w 1969 roku. Był on wprowadznie przeznaczony na potrzeby zrk, lecz po drobnych modyfikacjach, m.in. dotyczących zużycia energii elektrycznej, był również wykorzystywany przez projektantów trakcji elektrycznej. Później, w trosce o rozwój informatyki w dyrekcjach okręgowych PKP, COBiRTK przekazał Zakład ETO do Centralnej DOKP i zorganizował nową placówkę informatyczną we własnej strukturze.

W rozwoju informatyki kolejowej nie sposób przecenić wkładu wielu autorów, takich jak profesorowie Jerzy Węgierski, Jerzy Leszczyński i Janusz Woch w rozwój nowoczesnych metod projektowania układów torowych, prof. Bożysława Bogdaniuka w rozwój metod projektowania modernizacji linii kolejowych, czy doc. Wiesława Szumierza w prognozowanie deformacji torów w rejonach eksploatacji górniczych. W zakresie inicjowania i opracowywania wielu systemów dotyczących dróg kolejowych, olbrzymi wkład wniósł i nadal wnosi prof. Henryk Bałuch, były kierownik Zakładu Dróg Kolejowych oraz wieloletni wicedyrektor i dyrektor COBiRTK. Dorobek i dziesiątki artykułów wielu innych pracowników Instytutu Kolejnictwa umożliwił rozwiązanie licznych problemów technicznych w infrastrukturze kolejowej w Polsce, których nie udało się rozwiązać bez informatycznego wsparcia.

Obecnie Instytut Kolejnictwa nie ma szans w konkurencji z licznymi, silnymi firmami informatycznymi, oferującymi bogate zestawy oprogramowania dotyczącego różnych sfer zarządzania. Nie warto też wyręczać osób zatrudnionych w zarządzaniu w formułowaniu ich potrzeb, gdyż osoby te odczuwają je lepiej. Jednak z drugiej strony, Instytut Kolejnictwa mając wysokiej klasy specjalistów prawie we wszystkich specjalizacjach kolejowych oraz bazę doświadczalną, jest w stanie określić, w jaki sposób można usprawnić eksploatację, zmniejszyć ryzyko, zwiększyć niezawodność, ułatwić programowanie modernizacji.

Dlatego opracowywanie technicznych systemów diagnostyczno-doradczych i eksperckich powinno być nadal jednym z ważnych kierunków prac Instytutu Kolejnictwa.

Literatura

1. Archut H.: *Projekt Instandhaltung durch zentral gesteuerte integrierte Prozesse (PRINZIP): Das umfassende DV-system zur Unterstützung der Instandhaltung des Fahrwegs bei der Deutschen Bahn*. Glasers Annalen, 1999 nr 6.
2. Bałuch H.: *Ewolucja ocen jakości robót nawierzchniowych*, Przegląd Kolejowy 1997, nr 4.
3. Bałuch H.: *Koncepcja systemów doradczych w diagnostyce nawierzchni kolejowej i podtorza*, Problemy Kolejnictwa, 1996 nr 121.
4. Bałuch H.: *Wspomaganie decyzji w drogach kolejowych*, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994.
5. Bałuch M.: *Systemy komputerowe wspomagające zarządzanie infrastrukturą kolejową*, Budownictwo i Inżynieria Środowiska (Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 283), z. 59 (nr 3/2012/1).
6. Bień J., Król D., Rawa P., Rewiński S.: *Komputerowa ewidencja obiektów inżynierskich SMOK*, Polskie Koleje Państwowe, Warszawa 1997.
7. Bień J.: *Mosty kolejowe – uszkodzenia, awarie, katastrofy*, XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna Awaryjne Budowlane. Szczecin-Międzyzdroje, 26–29 maja 2009.
8. Bień J.: *Systemowe wspomaganie zarządzania mostami drogowymi i kolejowymi*, Budownictwo i Inżynieria Środowiska (Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 283), z. 59 (nr 3/2012/1).
9. Dąbrowski A.: *Założenia systemu wspomaganie zarządzania infrastrukturą PKP PLK S.A. na przykładzie infrastruktury drogowej*, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie (seria materiały konferencyjne), nr 3(99)/2012.
10. Drewnowski A., Siedlecki P.: *Systemy informatyczne na kolejach polskich. Współczesne procesy i zjawiska w transporcie*, Uniwersytet Szczeciński, Wydział Zarządzania i Ekonomiki Usług (materiały seminaryjne), Szczecin 2006.
11. Dyrektywa INSPIRE online, <http://www.akademiaminspire.pl/dyrektywa-inspire> [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
12. Fajczak-Kowalska A.: *Narzędzia informatyczne wspierające logistykę transportu na przykładzie spółek grupy PKP*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zarządzanie XL – zeszyt 413. Toruń, 2013.
13. Fendrich L. i in.: *BISTRA – Instrumentarium zur Bewertung von Instandhaltungsstrategien für den Ei-*

- senbahnoberrbau, Eisenbahntechnische Rundschau 1995 nr 10.
14. Gajos M.: *Rozwój usług geoinformacyjnych na przykładzie geoportalu*, Zakopane, 28–29.09.2007 [online] <http://www.ptin.org.pl/konferencje/9forum/repoz/gajos.pdf> [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
 15. Instrukcja o postępowaniu w sprawach poważnych wypadków, wypadków i incydentów na liniach kolejowych Ir-8, Załącznik do zarządzenia Nr 53/2015 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 08 grudnia 2015 r.
 16. Instrukcja o rozkładzie jazdy pociągów Ir-11. PKP PLK S.A, Załącznik do uchwały nr 1200/2015 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 15 grudnia 2015 r.
 17. Jacyna M., Basiewicz T., Gołaszewski A.: *Parametry infrastruktury transportu dla tworzenia modelu systemu logistycznego w Polsce*, Problemy Kolejnictwa 2012, z. 154.
 18. Jovanovic S., Zaalberg H.: *ECOTRACK: Two years of experience*, Rail International, April 2000.
 19. Korpanec I.: *ECOTRACK. Entscheidungshilfen für die Oberbauinstandhaltung*, Schienen der Welt 1996 nr 11.
 20. Kuhardt D-F.: *Einsatz des Prozeßsteuerungs- und Informationssystems für die Instandhaltung PRINZIP*, Deine Bahn 1999 nr 3.
 21. Kuhr H. A.: *Support of state-dependent maintenance by advanced information technology*, World Congress on Railway Research '97 Proceedings, Florencia 1997.
 22. Leszczyński J.: *System eksploatacji EMC ODRA-1204/N*, Maszyny Matematyczne, 1977 nr 11.
 23. MÁV Central Rail and Track Inspection Ltd, [online] http://www.mavkfv.hu/download/MAV_CRTI_Ltd_EN_prospectus.pdf [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
 24. MIMS Overview, Mincom Pty LTD, Australia, 1998.
 25. Network modelling simplifies infrastructure data management, Railway Gazette Internationale 1998 nr 3.
 26. Othake T., Kawasaki Y.: *Application of TOSMA on track maintenance work*. World Congress on Railway Research '97 Proceedings. Florencia 1997.
 27. ATER – The Railway Management Expert System [online] <http://www.patersystems.com/> [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
 28. Pflug G.: *Informatyzacja i kilometrowanie tras kolejowych na kolejach niemieckich*, Technika Transportu Szynowego, 1999 nr 7–8.
 29. PKP PLK. S.A.: *Mapa Interaktywna Linii Kolejowych* [online] <http://mapa.plk-sa.pl>. [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
 30. Plichta A.: *Przegląd kolejowych systemów informacyjnych oraz potrzeby ich modernizacji w Polsce*, Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, Roczniki Geomatyki 2005. Tom III, z. 4.
 31. Zastosowanie informatyki w drogach kolejowych (Praca zbiorowa pod red. H. Bałucha), Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1990.
 32. Założenia Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą PKP PLK S.A. Etap I – zestaw danych, Infrastruktura drogowa (Praca zbiorowa), Praca Instytutu Kolejnictwa nr 4447/12. Warszawa, 2011.
 33. Założenia Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą PKP PLK S.A. Etap II – Wskaźniki oceny stanu urządzeń, Infrastruktura drogowa (wersja poprawiona), Praca Instytutu Kolejnictwa nr 4447/12. Warszawa, 2011.
 34. Założenia Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą PKP PLK S.A. Etap III – Test i spodziewane efekty ekonomiczne wskaźników, Infrastruktura drogowa, Praca Instytutu Kolejnictwa nr 4517/12. Warszawa, 2012.
 35. Program (SimObau) [online] <http://www.ivembh.de/program-simobau.html> [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
 36. Raporty roczne, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. 2013 i 2014 r.
 37. Redi P., Gaspari S., Lori L.: *CEDIAS – railway lines diagnostic system*, World Congress on Railway Research '97 Proceedings, Florencia 1997.
 38. Rivier R.E.: *ECOTRACK: a tool for track maintenance and renewal managers* [online] <https://www.witpress.com/Secure/elibRARY/papers/CR98/CR98070FU.pdf> [dostęp 29 czerwca 2017 r.].
 39. SARP ERP [online] https://pl.wikipedia.org/wiki/SAP_ERP [dostęp 20 stycznia 2016 r.].
 40. Skrzyński E.: *Doskonalenie eksperckiego systemu diagnostyka podtorza wspomagającego decyzje o naprawach*, Prace CNTK 1996, z. 118.
 41. Skrzyński E.: *Opracowanie prototypowo-użytkowego systemu wspomagającego ocenę jakości robót podtorzowych*, Prace CNTK 1997, z. 122.
 42. Skrzyński E.: *Podtorze kolejowe*, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010.
 43. Tuzik B.: *Computer models aid maintenance planning*, Internationale Railway Journal, 1995 nr 2.
 44. Tuzik B.: *Pushing the planning envelope on CP Rail*, Railway Track and Structure, 1995 nr 2.
 45. Typy systemów informacyjnych [online] www.uci.agh.edu.pl/uczelnia/tad/.../07-Typy%20systemów%20informatycznych.ppt [dostęp 11.08.2017].
 46. Yoshimura A. i in. *Development of database system for railway track maintenance management, mikro LABOCS for Windows and its features*, Quarterly Reports, Railway Technical Research Institute, 1997 vol 38.
 47. Yoshimura A., Hosokawa T., Yoshida Y., Kamiyama M.: *Quarterly Reports, Railway Technical Research Institute, 1995–1996, vol. 36, nr 2.*

48. Zalecenie Komisji z dnia 29 marca 2011 r. w sprawie zezwoleń na dopuszczenie do eksploatacji podsystemów strukturalnych i pojazdów na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady

2008/57/WE (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, tom 54 z 8 kwietnia 2011 r., zalecenie 2011/217/UE).

IT Systems in Railway Infrastructure

Summary

The article presents expert, information and other supporting railway infrastructure management systems. This article contains basic information on the proposed PKP PLK S.A. Infrastructure Management Support System, describes the system assumptions, data and indicators. The article concludes that PKP PLK S.A. mainly uses information systems that provide only descriptive information about railway infrastructure objects and facilities. Therefore there is a need to develop systems that integrate existing applications and allow for more comprehensive use of collected data.

Keywords: railway infrastructure, IT systems, PKP PLK S.A.

Информационные системы в железнодорожной инфраструктуре

Резюме

В статье представлены экспертные, информационные и другие системы, поддерживающие управление железнодорожной инфраструктурой. В статье содержатся основные информации на тему предлагаемой Системы поддержки управления инфраструктурой PKP PLK S.A., описаны предположения системы, данные и указатели. В итогах констатировано, что ныне PKP PLK S.A., использует чаще всего информационные системы, которые предоставляют лишь описательные информации о объектах железнодорожной инфраструктуры. Поэтому возникает нужда разработки систем соединяющих существующие программы и позволяющих использованме собранных данных более всесторонним способом.

Ключевые слова: железнодорожная инфраструктура, информационные системы, PKP PLK S.A.