

**METODY I TECHNIKI PROGNOZOWANIA WARTOŚCI
KLUCZOWYCH WSKAŹNIKÓW EFEKTYWNOŚCI DLA POTRZEB
WPROWADZANIA ZMIAN W ORGANIZACJI UTRZYMANIA RUCHU**

**METHODS AND TECHNIQUES OF PREDICTION OF KEY
PERFORMANCE INDICATORS FOR IMPLEMENTATION OF
CHANGES IN MAINTENANCE ORGANISATION**

Andrzej WIECZOREK
Politechnika Śląska

Streszczenie: W artykule dotyczącym metod i technik prognozowania wartości kluczowych wskaźników efektywności obsługi (ang. Key Performance Indicators) zdefiniowano oraz sklasyfikowano te wskaźniki. Przedstawiono wymagania oraz sposób doboru wskaźników KPI. Dokonano przeglądu, a także scharakteryzowano metody i techniki prognozowania stanu organizacji utrzymania ruchu. Przedstawiono koncepcję wykorzystania wybranych metod oraz narzędzi gromadzenia oraz przetwarzania danych dla potrzeb prognozowania tego stanu.

Słowa kluczowe: eksploatacja, zarządzanie, niezawodność, prognozowanie, komputerowe wspomaganie, GIS, CMMS, EAM, ERP, KPI.

1. Wstęp

Dokonywanie zmian w organizacji w obszarze eksploatacji i utrzymania ruchu środków technicznych wymaga prowadzenia analiz wartości miar, które umożliwiają ocenę efektywności i wydajności w funkcjonowaniu tej organizacji. Przykładem takich miar mogą być kluczowe wskaźniki efektywności obsługi (KPI – ang. Key Performance Indicators), pozwalające na ocenę procesów oraz systemów eksploatacji środków technicznych z ekonomicznego, technicznego oraz organizacyjnego punktu widzenia. Wartości tych wskaźników są najczęściej wynikiem diagnozy organizacji, dokonywanej z wykorzystaniem rzeczywistych danych eksploatacyjnych. Dane otrzymywane w wyniku przeprowadzania tej diagnozy co pewien stały okres czasu mogą stanowić podstawę do opracowywania prognoz i symulacji, dzięki którym będzie możliwe ustalenie rzeczywistego obrazu organizacji w wybranej perspektywie czasowej, uwzględniającego skutki możliwych zmian, które w przyszłości mogą się w niej dokonać. Wykonywanie prac nad prognozami oraz symulacjami wymaga kojarzenia i wykorzystywania odpowiednich metod i technik gromadzenia i przetwarzania danych, a także opracowania właściwych sposobów interpretacji otrzymywanych wyników obliczeń.

W artykule zdefiniowano oraz sklasyfikowano kluczowe wskaźniki efektywności obsługi (ang. Key Performance Indicators), jako sposób racjonalizacji procesów w organizacji utrzymania ruchu. Przedstawiono wymagania oraz sposób doboru wskaźników KPI. Dokonano przeglądu, a także scharakteryzowano metody i techniki prognozowania stanu organizacji utrzymania ruchu. Przedstawiono koncepcję wykorzystania wybranych metod oraz narzędzi gromadzenia oraz przetwarzania danych dla potrzeb prognozowania tego stanu.

2. Kluczowe wskaźniki efektywności obsługi – wprowadzenie do zagadnienia

Według [6] kluczowe wskaźniki wydajności lub efektywności (KPI – ang. Key Performance Indicators) są stosowane jako mierniki oceny procesu realizacji celów organizacji. Według [4] otrzymywane ich wartości pozwalają określać kierunki działań techniczno – organizacyjnych, aby były one zgodne z wyznaczoną strategią biznesową firmy. Pozwalają one na ustalenie etapu rozwoju, na którym znajduje się organizacja, stwierdzenie,

czy cel, jaki przyjęła jest osiągnięty we właściwy sposób oraz wskazanie, kiedy zostanie on osiągnięty. Przy pomocy wskaźników istnieją szanse na optymalizację czasu, kosztów i działań, jako aspektów kluczowych dla funkcjonowania utrzymania ruchu [4]. Według [1] skuteczne wdrażanie zmian w organizacji jest uwarunkowane doбором i wdrożeniem odpowiednich wskaźników KPI, a także prowadzeniem na ich podstawie analiz oraz wnioskowaniem. Co za tym idzie KPI wpływają na końcowy efekt w postaci, oszczędności oraz korzyści eksploatacyjnych i organizacyjnych [1].

Według [5] kluczowe wskaźniki efektywności powinny być:

- specyficzne,
- mierzalne,
- podatne na przedstawienie ich wartości w czasie za pomocą trendu,
- niezawodne,
- mierzone ze względu na specyficzny osiągalny cel,
- opłacalne ze względu na ich wykorzystanie.
- Wskaźniki KPI należy wykorzystywać w [1], [13]:
- pomiarze aktualnego stanu (statusu),
- porównaniach (wewnętrznym i zewnętrznym benchmarkingu),
- ocenie efektywności,
- diagnozie (analizy słabych i mocnych stron),
- planowaniu usprawnień,
- monitorowaniu zmian i postępu,
- motywowaniu personelu.

Kluczowe wskaźniki efektywności obsługi są przedmiotem normalizacji. Zostały ujęte w normie [13], która opisuje system zarządzania kluczowymi wskaźnikami efektywności obsługi dla potrzeb dokonywania pomiarów funkcjonowania utrzymania ruchu z uwzględnieniem czynników, które stanowią aspekty ekonomiczne, techniczne i organizacyjne, w celu dokonywania oceny i poprawy efektywności i wydajności w organizacji. Według [13] system ten należy stosować ze względu na potrzebę osiągnięcia doskonałości w obsłudze środków technicznych.

Dobór wskaźników dla potrzeb oceny funkcjonowania utrzymania ruchu, w tym: ich liczba oraz przedmiot i sposób pomiaru będą uwarunkowane szeregiem czynników. Pierwszym jest ich przeznaczenie, czyli wskazany ich użytkownik. W zależności od szczebla w hierarchii organizacyjnej potrzebne są inne dane. Z reguły zakłada się, że liczba wskaźników KPI powinna maleć wraz z przemieszczaniem się na coraz to wyższe poziomy hierarchii struktury organizacyjnej. Z poziomem tej hierarchii będzie również związany charakter omawianych wskaźników; Na poziomie najniższym (podstawowym, ang. „shop floor”) będą występowały wskaźniki w różnych konfiguracjach (obejmujących wskaźniki: techniczne lub/i organizacyjne lub/i ekonomiczne), ale głównie techniczne. Odbiorcami są tu zarówno pracownicy produkcyjni jak i utrzymania ruchu, którzy analizują wskaźniki pod względem bieżącej wydajności, awaryjności i jakości. Natomiast z punktu widzenia kadry zarządczej wskaźniki głównie będą miały charakter ekonomiczny i organizacyjny [1].

3. Prognozowanie stanu organizacji utrzymania ruchu z wykorzystaniem kluczowych wskaźników efektywności – przegląd metod i technik

3.1. Przegląd i charakterystyka metod prognostycznych

Dla celów prognozowania wartości poszczególnych wskaźników, wybranych do analizy konieczny jest dobór odpowiednich metod prognostycznych. Metody te należy przyjmować w zależności od rodzaju prognozy i przypisać do odpowiedniego przedziału czasu, dla którego przeprowadza się prognozowanie – jest to szczególnie istotne ze względu na fakt, iż – na co zwrócił uwagę [1] – w określonej chwili czasu postać wskaźnika może ulec zmianie. Metoda

prognozowania, według [3] obejmuje sposób przetworzenia danych o przeszłości oraz sposób przejścia od danych przetworzonych do prognozy. Według [2] należy wyróżnić następujące rodzaje prognoz:

- prognozy samorealizujące się i samounicestwiająco się,
- prognozy zmiennych sterowanych i nie sterowanych,
- prognozy realistyczne i badawcze (w tym ostrzegawcze),
- prognozy ilościowe i jakościowe,
- prognozy punktowe i przedziałowe,
- prognozy krótko-, średnio- i długookresowe.

Za **prognozę krótkoterminową** uważa się prognozę na taki przedział czasu, w którym zachodzą tylko zmiany ilościowe. Uprawnione jest wtedy korzystanie z inercji zmiennej i wyznaczanie prognozy przez ekstrapolację dotychczasowych trendów i związków. **Prognoza średniookresowa** dotyczy takiego przedziału czasu, w którym oczekuje się nie tylko zmian ilościowych, ale i śladowych zmian jakościowych. Metoda prognozowania musi uwzględniać oba typy zmian, a więc musi odchodzić chociaż umiarkowanie od ekstrapolacji. Sterowanie jest możliwe w dość szerokim zakresie. **Prognoza długookresowa** natomiast dotyczy takiego przedziału czasu, w którym mogą wystąpić zarówno zmiany ilościowe, jak i poważne zmiany jakościowe. Sterowanie w tym przypadku jest możliwe w szerokim zakresie. Metoda prognozowania musi uwzględniać oba typy zmian [2].

Wśród metod prognozowania można wyróżnić [2]

- metody analizy i prognozowania szeregów czasowych – najczęściej wykorzystywanymi modelami tej grupy są: metody średniej ruchomej, wygładzania wykładniczego, analityczne i adaptacyjne modele tendencji rozwojowej, modele składowej periodycznej,
- metody prognozowania przyczynowo – skutkowego – do metod tej grupy można zaliczyć metody ekonometryczne lub metody symptomatyczne (ostatnie wymienione metody stosuje się wówczas, gdy teoria nie daje podstaw do budowy modelu przyczynowo – skutkowego, natomiast badania empiryczne wykazują związek między rozpatrywanymi zmiennymi; modele te nie mają właściwości diagnostycznych, ale mogą być wykorzystywane do wyznaczania prognoz),
- metody analogowe – wśród metod analogowych można wyróżnić: metodę analogii biologicznych, metodę analogii przestrzennych oraz metodę analogii historycznych,
- metody heurystyczne – do tej grupy metod można zaliczyć burzę mózgów, metodę delficką i metodę wpływów krzyżowych.

Prognozowanie należy prowadzić w następujących etapach [2]:

1. **sformułowanie zadania prognostycznego** – na tym etapie należy określić obiekt, zjawisko, zmienne, które mają podlegać prognozowaniu, cel wyznaczania prognozy, wymagania co do dopuszczalności i horyzontu prognozy,
2. **podanie przesłanek prognostycznych** – sformułowanie przesłanek wymaga współpracy obu partnerów procesu prognozowania (prognosty i odbiorcy prognozy), przy czym prognosta odgrywa rolę podstawową, gdyż zadaje odbiorcy pytania o realia zjawiska prognozowanego i konfrontuje swoje opinie uzyskane w wyniku studiów literaturowych dotyczących teorii i dotychczasowych badań zjawiska, a także opinie z innych źródeł. Efektem tych prac są hipotezy o czynnikach kształtujących zjawisko, deklaracja prognosty co do postawy wobec przyszłości zjawiska oraz określenie zbioru danych potrzebnych do sporządzenia prognozy i zebranie tych danych,
3. **wybór metody prognozowania** – wybór metody prognozowania jest konsekwencją zaakceptowanych przesłanek prognostycznych. Opowiedzenie się za postawą pasywną oznacza sięgnięcie po którąś z metod analizy i prognozowania szeregów czasowych lub modelowania ekonometrycznego ze stałymi parametrami. Przyjęcie postawy aktywnej oznacza potraktowanie wymienionych metod jako najwyżej pomocniczych, a

więc sięgnięcie do modeli ekonometrycznych ze zmiennymi w czasie parametrami, metod analogowych, heurystycznych itd.. Wybór metod zależy również od posiadanych danych,

4. **wyznaczenie prognozy** – czynność ta powinna przebiegać zgodnie z ogólnym schematem wybranych metod, a gdy to nie jest możliwe (np. z powodu braku danych czy występowania w procedurze elementów subiektywnych, takich, jak wybór poziomu istotności, stałej wygładzania itd.), należy w opisie postępowania ująć wszelkie podjęte decyzje. Samo sformułowanie prognozy powinno odpowiadać określeniu zadania prognostycznego (etap 1),
5. **ocena dopuszczalności prognozy** – ocena dopuszczalności musi być podana w sposób zgodny z żądaniem odbiorcy w pierwszym etapie. Jeżeli prognozie nie udało się spełnić jakościowych wymagań odbiorcy w żądanym horyzoncie, to może nastąpić renegotiacja warunków umowy prowadząca do obniżenia wymagań jakościowych lub skrócenia żądanego horyzontu albo odstępnie od realizacji zadania,
6. **weryfikacja prognozy** – weryfikacja polega na określeniu trafności prognozy za pomocą któregoś błędu prognozy ex post, gdy prognoza dotyczyła zmiennej ilościowej lub na porównaniu prognozowanego stanu zmiennej jakościowej ze stanem zrealizowanym. Prognoza różni się w ten sposób z odbiorcą.

Prognozowanie wartości wskaźników powinno w pierwszej kolejności polegać na prognozowaniu wartości wielkości, które stanowią podstawę do obliczania wartości wskaźników. Jeśli celem jest prognozowanie kluczowych wskaźników efektywności obsługi, wśród wielkości wykorzystywanych w obliczaniu wartości wskaźników można wyróżnić wskaźniki niezawodnościowe, charakteryzujące eksploatowane środki techniczne i obliczane w oparciu o klasyczne miary niezawodności. Prognozowanie niezawodności środka technicznego według [7] można podzielić na cztery etapy:

1. zebranie danych o elementach (rodzaj konstrukcji, zastosowanie, funkcje, parametry techniczne, obciążenia robocze, narażenia środowiskowe itp.),
2. obliczenie intensywności uszkodzeń elementów na podstawie zebranych danych (prognozowanie niezawodności elementów),
3. określenie struktury niezawodnościowej systemu na podstawie jego dokumentacji technicznej (projektu),
4. obliczenie spodziewanej w warunkach eksploatacyjnych wartości wskaźnika niezawodności systemu, np. jego intensywności uszkodzeń, odnów (planowanych remontów), współczynnika gotowości, prognozowanie niezawodności systemu.

Opracowanie i przyjęcie modelu prognostycznego według [7] powinno polegać między innymi na uzyskaniu odpowiedzi na następujące pytania:

1. czy szereg czasowy jest tzw. krótki czy długoczasowy ?
2. czy występuje składnik cykliczny ?
3. jaka jest wariancja składnika losowego w porównaniu z innymi rodzajami zmienności szeregu ?
4. czy szereg zalicza się do klasy tzw. „gładkich” ?
5. jak ma być opracowana metoda: krótkoterminowa czy długoterminowa ?

Po otrzymaniu odpowiedzi na powyższe pytania, do sporządzenia prognozy można zastosować jedną z metod prognostycznych, wyszczególnionych w [7].

3.2. Przegląd technik wspomagających prognozowanie organizacji utrzymania ruchu

Aby można było mówić o efektywności i wydajności w działalności organizacji, osiąganey w wyniku stosowania KPI konieczny jest dobór odpowiednich narzędzi, które powinny umożliwić wykorzystanie metod, opisanych w p. 3.1 oraz przygotowanie tych narzędzi dla potrzeb prognozowania wartości wskaźników KPI.

Wśród technik, które mogłyby wspomagać prognozowanie stanu organizacji utrzymania ruchu można wyróżnić:

- systemy wspomagające zarządzanie eksploatacją i utrzymaniem ruchu,
- systemy informacji geograficznej,
- systemy wspomagające prowadzenie analiz niezawodnościowych,
- systemy wspomagające prognozowanie środków technicznych.

Systemy wspomagające zarządzanie eksploatacją i utrzymaniem ruchu

Wśród systemów wspomagających zarządzanie eksploatacją i utrzymaniem ruchu, które mogłyby być wykorzystane dla potrzeb prognozowania wartości wskaźników KPI można wyróżnić [8]:

- narzędzia utrzymania ruchu – wśród najczęściej stosowanych systemów tej grupy należy wyróżnić systemy komputerowego wspomaganie zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu (CMMS – ang. Computer Maintenance Management systems) lub systemy wspomagające zarządzanie majątkiem przedsiębiorstwa (EAM – ang. Enterprise Asset Management),
- narzędzia informatyczne przedsiębiorstwa – do narzędzi tej klasy należą komputerowe systemy wspomagające planowanie zasobów przedsiębiorstwa (ERP – ang. Enterprise Resource Planning).

Wymienione systemy umożliwiają przede wszystkim gromadzenie danych, niezbędnych do obliczania wartości wskaźników KPI. Do systemów posiadających gotowe rozwiązania w zakresie obliczania wartości wskaźników KPI należą systemy klasy EAM. Przykładem takiego systemu jest system InforEAM (D7i), wspomagający zadania w następujących obszarach [11]:

- harmonogramowanie zapobiegawczych prac konserwacyjnych oraz przydzielanie zasobów tam, gdzie są one najbardziej przydatne,
- ustalanie miejsca, w którym może dojść do awarii maszyn/urządzeń stanowiących środki trwałe oraz przyczyn tych awarii, a także planowanie alternatywnych rozwiązań,
- niezawodność/zarządzanie ryzykiem – przewidywanie możliwości wystąpienia problemów z niezawodnością maszyn/urządzeń, zapobieganie tym problemom,
- zapasy/gwarancje – redukcja kosztów zapasów i zaopatrzenia oraz uzyskiwanie należności z tytułu roszczeń gwarancyjnych,
- planowanie strategiczne – zarządzanie majątkiem firmy w sposób umożliwiający osiągnięcie korporacyjnych celów związanych z wydajnością.

MTBF i MTTR						
Dla : luty 2007						
2009-02-10						
Dane dla wydziału AV						
<u>Podsumowanie dla wydziału AV</u>						
Czas produkcji	Czas napraw [h]	Czas awarii [h]	Ilość awarii	Ilość maszyn	MTBF	MTTR :
24 480,00	91,32	242,89	84,00	51,00	291,43	2,89
Dane dla wydziału EC						
<u>Podsumowanie dla wydziału EC</u>						
Czas produkcji	Czas napraw [h]	Czas awarii [h]	Ilość awarii	Ilość maszyn	MTBF	MTTR :
90 216,00	129,94	289,58	113,00	182,00	798,37	2,56
Dane dla wydziału EP						
<u>Podsumowanie dla wydziału EP</u>						
Czas produkcji	Czas napraw [h]	Czas awarii [h]	Ilość awarii	Ilość maszyn	MTBF	MTTR :
65 280,00	334,58	1 191,32	207,00	136,00	315,36	5,76
Dane dla wydziału IN						
<u>Podsumowanie dla wydziału IN</u>						
Czas produkcji	Czas napraw [h]	Czas awarii [h]	Ilość awarii	Ilość maszyn	MTBF	MTTR :
6 720,00	10,58	5,15	5,00	14,00	1 344,00	1,03
Dane dla wydziału TR						
<u>Podsumowanie dla wydziału TR</u>						
Czas produkcji	Czas napraw [h]	Czas awarii [h]	Ilość awarii	Ilość maszyn	MTBF	MTTR :
18 720,00	26,81	33,84	28,00	39,00	668,57	1,21

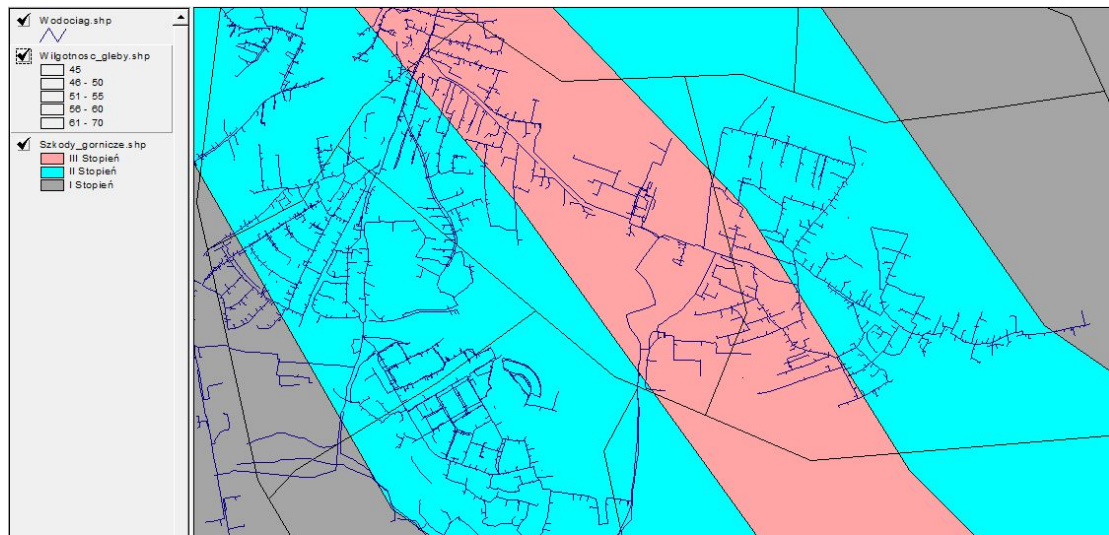
Rys. 1. Raport systemu Infor EAM zawierający zestawienie wartości wskaźników MTBF oraz MTTR [10].

Systemy informacji geograficznej

Stosowanie systemów GIS dla potrzeb zarządzania eksploatacją środków technicznych należy uzasadnić potrzebą powiązania „klasycznych” danych oraz informacji eksploatacyjnych: o obiektach, zdarzeniach, procesach oraz związanych z nimi zasobach z lokalizacjami geograficznymi, o których dane są gromadzone w bazach danych systemów GIS (ang. Geographic Information System). Każda warstwa systemu GIS może zawierać informację zapisaną za pomocą następujących modeli:

- punktowych,
- liniowych,
- poligonowych.

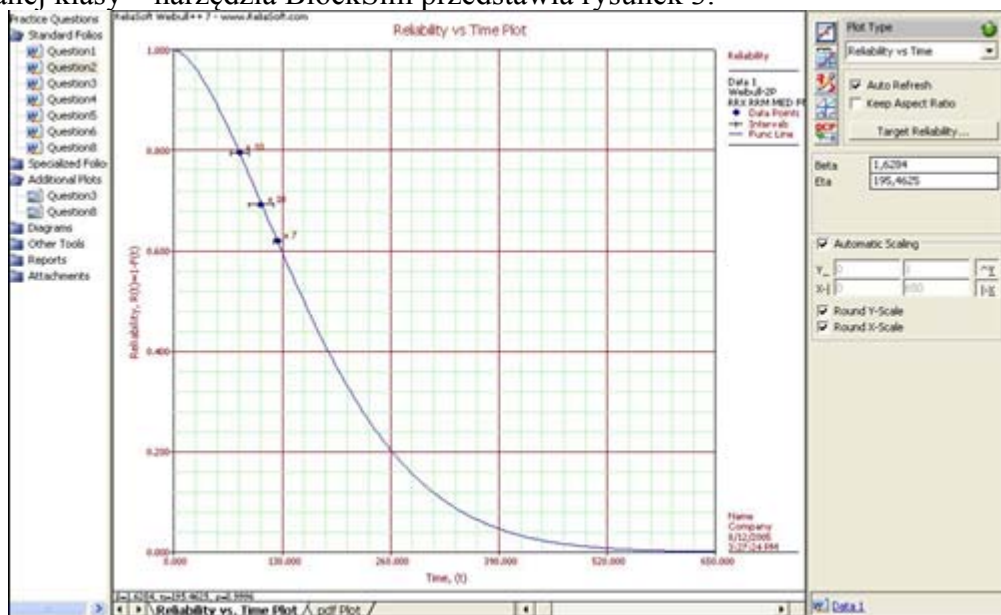
Ekran systemu GIS przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Ekran systemu GIS.

Systemy wspomagające prowadzenie analiz niezawodnościowych

Celem stosowania narzędzia omawianej klasy jest otrzymywanie, dla środków technicznych, opisanych za pomocą struktur niezawodnościowych, obliczeń oraz symulacji ich niezawodności, naprawialności/obsługiwalności oraz gotowości technicznej (które stanowią wielkości niezbędne do obliczenia KPI). Prowadzenie obliczeń i symulacji komputerowej jest możliwe z wykorzystaniem mechanizmu generowania danych (generatorów liczb pseudolosowych o rozkładach: wykładniczym, Weibulla, Poissona, normalnym, gamma, geometrycznym, logarytm – normalnym). Zapis algorytmów, opracowanych zarówno dla potrzeb obliczeń, jak i symulacji z wykorzystaniem omawianego narzędzia, zawiera model procesu eksploatacji według sekwencji zdarzeń. Ekran systemu omawianej klasy – narzędzia BlockSim przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Ekran systemu BlockSim firmy Reliasoft.

Systemy wspomagające prognozowanie

Wśród narzędzi wspomagających prognozowanie można wyróżnić:

- narzędzia wspomagające prowadzenie różnorodnych analiz statystycznych (w tym arkusze kalkulacyjne),

- narzędzia przeznaczone do prognozowania niezawodności środków technicznych (przykładem może być system Lambda Predict firmy Reliasoft).

Często istniejąca na wyższym (menadżerskim) poziomie hierarchii w strukturze organizacyjnej (mistrz, kierownik działu utrzymania) potrzeba posiadania szczegółowej informacji oraz danych, na podstawie których można ustalić stan organizacji utrzymania ruchu wymusza konieczność stosowania odpowiednich metod ich przetwarzania. Przykładem może być konieczność otrzymania danych dla potrzeb obliczania średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami (który jest traktowany jako wskaźnik KPI):

$$MTBF = \frac{T_{OT}}{F} \quad (1)$$

gdzie:

T_{OT} – całkowity czas pracy maszyny lub urządzenia,
 F – liczba awarii.

Efektywne zastosowanie wymienionego wskaźnika wymusza potrzebę ustalania nie tylko całkowitej liczby awarii, ale również awarii ze względu na ich przyczyny ich występowania w określonej lokalizacji, w której znajduje się maszyna / urządzenie. Pozwoli to na obliczanie MTBF nie tylko dla bieżącej chwili czasu, ale również na prognozowanie jej wartości i na podstawie otrzymanej prognozy na wskazanie zmian (technicznych lub/i organizacyjnych lub/i ekonomicznych), które przyczynią się do zwiększenia wartości MTBF.

Ze względu na potrzebę określania wartości liczby przyszłych awarii dla wybranych lokalizacji geograficznych proponuje się wykorzystanie metod prognostycznych, wykorzystujących szeregi przekrojowo – czasowe. Szereg przekrojowo – czasowy jest tworzony przez szeregi czasowe G zmiennych opisujących K obiektów. Macierz informacji można zapisać jako macierz blokową, przy czym każdy blok zawiera wielowymiarowy szereg czasowy, charakteryzujący k – ty obiekt:

$$Y = \begin{bmatrix} Y^1 \\ \dots \\ Y^K \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{G1} & y_{G2} & \dots & y_{Gn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

gdzie y_{Gt} jest stanem G – tej zmiennej w momencie lub okresie t ($g = 1, \dots, G; t = 1, \dots, n$).

Wartości szeregu czasowo – przekrojowego można zestawić w tabeli tak, jak to pokazuje tabela 1.

Tabela 1

Liczby uszkodzeń sieci wodociągowej wraz z wybranymi przyczynami, występujących w lokalizacji ulica

Ulica	Zmienna		Liczba awarii w 2010 r		
	Przyczyna awarii	Symbol	styczeń	luty	marzec
Ulica 1	Korozja rury	Y ₁	1	2	2
	Szkody górnicze	Y ₂	2	3	1
Ulica 2	Korozja rury	Y ₁	2	2	4
	Szkody górnicze	Y ₂	1	0	2

W celu otrzymania prognozy stanu organizacji utrzymania ruchu (co można osiągnąć przez implementację wybranego modelu prognostycznego np. w arkuszu kalkulacyjnym systemu Excel) i wskazania na jej podstawie zmian, które należy przeprowadzić, wartości szeregów czasowo – przekrojowych (w przedstawionym powyżej przykładzie będą to liczby awarii) należy powiązać z:

- wybraną maszyną / wybranym urządzeniem, o której / którym dane i informacje znajdują się w systemie klasy ERP lub systemie EAM/CMMS,
- lokalizacjami geograficznymi (którymi w tabeli 1 są ulice), o których dane powinny się znajdować w systemie GIS.

4. Wnioski

Wielość wskaźników oraz jednocześnie specyficzny charakter poszczególnych zmiennych – wielkości, stanowiących podstawę do obliczania wartości tych wskaźników wymuszają potrzebę poszukiwania odpowiednich metod prognozowania. Zastosowanie tych metod pozwala na ocenę skutków realizacji aktualnej polityki eksploatacyjnej w przyszłości. Dobór odpowiedniej metody nie będzie jednak zadaniem jednorazowym, ponieważ, na co zwrócił uwagę [1], wskaźniki nie tylko zmieniają swoje wartości, ale i postać. Stąd konieczne jest posiadanie rozwiązań metodologiczno – narzędziowych, które w dogodny sposób umożliwią wykorzystanie wybranych metod prognostycznych, jako składników dostępnych narzędzi komputerowych.

Przedstawiona w pracy koncepcja pokazuje, że skojarzenie tych samych danych, znajdujących się w różnych środowiskach komputerowych umożliwia poprawę skuteczności zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu; skojarzenie danych, stanowiących elementy algorytmów i narzędzi prognostycznych (wykorzystujących szeregi przekrojowo – czasowe) z bazą danych systemu GIS pozwoli na obliczenie wartości prognozy wartości wskaźnika w wybranej perspektywie czasowej, ale również, dzięki umieszczeniu w warstwach systemu GIS wartościowej informacji mapowej (np. oddziaływaniu w przestrzeni: szkód górniczych lub korozji na rury wodociągu) umożliwi podjęcie decyzji związanej z polityką eksploatacyjną w odniesieniu do określonej lokalizacji geograficznej.

Artykuł stanowi próbę pokazania problemu modelowania zdarzeń i procesów eksploatacyjnych, zachodzących w przestrzeni. Temat ten może być traktowany jako rozwojowy, ponieważ konieczne jest nie tylko obliczanie wartości wielkości eksploatacyjnych dla wybranych lokalizacji geograficznych, ale również zależności przestrzennych pomiędzy poszczególnymi wartościami. Problem ten będzie stanowił przedmiot dalszych prowadzonych badań.

5. Literatura

- [1] Burnos A.: Kluczowe wskaźniki efektywności. Przemysł farmaceutyczny. Nr 2, 2010.
 [2] Cieślak M.: Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania. PWN. Warszawa 2005.
 [3] Czerwiński Z., Guzik B.: Prognozowanie ekonometryczne. PWE. Warszawa 1980.

- [4] Kot J.S.: Wskaźniki w utrzymaniu ruchu. Agro Przemysł. Nr 2, 2009.
- [5] KPI Reporting. <http://www.eamexpert.com/kpi.htm>.
- [6] KPI. www.wikipedia.org.
- [7] Lewitowicz J., Kustroń K.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych. T. 2. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych. Warszawa 2003.
- [8] Loska A.: Bazy danych we wspomaganiu zarządzania eksploatacją maszyn i urządzeń. Praca doktorska. Zabrze 2001.
- [9] Materiały firmy ESRI.
- [10] Materiały firmy EUROTRONIC 2000.
- [11] Materiały firmy INFOR. <http://pl.infor.com/rozwiwania/eam/>
- [12] Materiały firmy RELIASOFT.
- [13] Norma PN – EN 15341: Obsługa – kluczowe wskaźniki efektywności obsługi.