

**METODYKA WARIANTOWEJ OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ
Z WYKORZYSTANIEM NARZĘDZI TAKSONOMII NUMERYCZNEJ**

*Andrzej LOSKA
Politechnika Śląska*

Streszczenie: Artykuł podejmuje dyskusję nad możliwością oceny polityki eksploatacyjnej przedsiębiorstw zarządzających złożonymi systemami technicznymi. Analiza możliwości i potrzeb ilościowej oceny polityki eksploatacyjnej wykazała, że ocena taka może być prowadzona w oparciu o wielowymiarowy zbiór wartości wynikający z syntezy kluczowych cech związanych z realizacją prac obsługowo-naprawczych. W oparciu o wyniki dotychczasowych badań, zbudowano taksonomiczny model oceny polityki eksploatacyjnej, uzupełniony procedurą identyfikacji wzorcowych (pozycjonujących) wariantów taksonomicznych. Opracowany sposób oceny polityki eksploatacyjnej będzie przedmiotem weryfikacji w warunkach funkcjonowania wybranych sieciowych systemów technicznych.

Słowa kluczowe: polityka eksploatacyjna, taksonomia numeryczna, eksploatacyjny proces decyzyjny, ocena efektywności, zarządzanie eksploatacją

WPROWADZENIE

Efektywność eksploataowania systemów technicznych jest definiowana niejednolicie, m.in. ze względu na trwające dyskusje naukowe na temat „efektu” pracy obiektu. W klasycznym ujęciu, mówi się o efektywności technicznej i/lub ekonomicznej [2, 6, 17]. Bardziej złożone interpretacje zakładają możliwość kształtowania efektywności jako wielkości wypadkowej cech o różnym znaczeniu [5, 10, 24, 28, 29]. Stąd, problem efektywności znajduje swoje odbicie w szerokiej gamie prac badawczych, które skupiają się najczęściej na próbach wyznaczania matematycznych modeli miar, a także na ocenie wdrażania procedur organizacyjnych, pozwalających tę efektywność uzyskać. Współczesne publikacje opisujące wyniki badań nad efektywnością eksploataowania obejmują w dużej mierze próby budowy i przemysłowej weryfikacji modeli obliczeniowych, w oparciu o miary w ramach wskaźnika OEE (ang. Overall Equipment Effectiveness) [19, 26, 27], czy coraz popularniejsze eksploatacyjne miary skupione w obrębie wskaźników KPI (ang. Key Performance Indicators) [1, 12, 23, 25], często wiązane z zagadnieniem benchmarkingu [5, 22, 28].

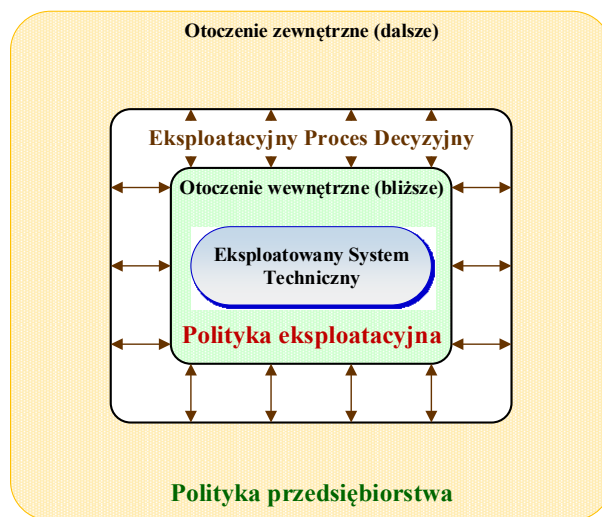
W warunkach zarządzania eksploatacją złożonych systemów technicznych, efektywność eksploatacyjna kojarzona jest bardziej z wynikami działalności organizacji utrzymania ruchu, aniżeli z funkcjonowaniem pojedynczych obiektów technicznych. Dlatego, ilościowe miary takiej efektywności mogą i powinny być kształtowane poprzez ocenę polityki eksploatacyjnej. Zakłada się przy tym, że polityka eksploatacyjna, mająca w tej sytuacji charakter wieloaspektowy, obejmuje zbiór wszystkich możliwych realizacji eksploatacyjnych sytuacji decyzyjnych, w zdefiniowanych uwarunkowaniach strukturalnych i zasobowych, umożliwiających i/lub ułatwiających realizację prac użytkowych i obsługowo-naprawczych [6, 8, 9]. Politykę eksploatacyjną, realizowaną w odniesieniu do systemu technicznego, można opisać za pomocą następującej ogólnej zależności [9, 16]:

$$PE = \langle ESD_1, ESD_2, \dots, ESD_n \rangle \quad (1)$$

gdzie:

ESD_i - zbiór cech i odwzorowania tego zbioru dla pojedynczej sytuacji decyzyjnej.

Zdefiniowana w ten sposób wieloaspektowa polityka eksploatacyjna z jednej strony, obejmuje zbiór procesów eksploatacyjnych realizowanych w otoczeniu wewnętrznym (bliższym), a z drugiej jest głównym składnikiem eksploatacyjnego procesu decyzyjnego, realizowanego przez organizację utrzymania ruchu na rzecz przedsiębiorstwa w otoczeniu zewnętrznym (dalszym), stanowiąc kluczowy element zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu użytkowanych i obsługiwanych systemów technicznych (rys. 1).



Rys. 1 Lokalizacja polityki eksploatacyjnej w przedsiębiorstwie

Taka interpretacja (zarówno symboliczna, jak i opisowa), rozszerza na potrzeby rozpatrywanych w tej pracy zagadnień, zakres pojęcia „polityka eksploatacyjna”, w stosunku do określeń stosowanych w dotychczasowej literaturze (m.in. w [9]). Wymienione rozszerzenie odnosi się do przyjęcia podmiotowej roli organizacji utrzymania ruchu i przedmiotowego miejsca eksploatowanego systemu technicznego, w eksploatacyjnym procesie decyzyjnym.

Do opisu polityki eksploatacyjnej można wykorzystać takie modele, jak: model obszarów i zadań realizacji funkcji zarządczych [6, 15], model BCM (ang. Business Centered Maintenance) [8, 13], model TPM (ang. Total Productive Maintenance) [19, 26], czy model grafowy [9, 30]. Pozwalają one na uporządkowanie informacji o „zawartości” polityki eksploatacyjnej realizowanej na rzecz eksploatowanych systemów technicznych.

W odpowiedzi na przedstawione powyżej uwarunkowania, autor opracował spójny wieloaspektowy sposób oceny polityki eksploatacyjnej, który jest jednym z kluczowych elementów i fragmentów badań autora nad metodyką modelowania procesów eksploatacji z zastosowaniem metod scenariuszowych [14, 16].

Artykuł jest wynikiem badań statutowych, realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, w ramach pracy BK-223/ROZ3/2015.

PRZEGLĄD POTRZEB I MOŻLIWOŚCI BUDOWY MODELU OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ W ZŁOŻONYCH SYSTEMACH TECHNICZNYCH

Argumenty sformułowane we wprowadzeniu (punkt 1) pozwoliły na sprecyzowanie założenia o możliwości budowy takiego modelu oceny, który powinien reprezentować, w sposób ilościowy i bieżący (chwilowy), poziom i przebieg (wartość i kierunek) zmian polityki eksploatacyjnej, wyrażanej za pomocą cech o kluczowym, ale różnym, znaczeniu interpretacyjnym dla badanego obiektu - organizacji utrzymania ruchu. W szczególności, chodzi tutaj o możliwość porównywania cech, które z natury rzeczy są nieporównywalne.

Należy przy tym zauważyć, że funkcjonowanie obiektów w zdefiniowanych warunkach organizacyjno-technicznych, wymusza konieczność identyfikacji danych i informacji o realizacji poszczególnych etapów procesów eksploatacyjnych. W związku z tym, ocena polityki eksploatacyjnej może być przeprowadzona w oparciu o zbiór wartości, opisujący zrealizowane prace obsługowo-naprawcze określonych kategorii, z uwzględnieniem kluczowych cech opisujących działalność organizacji utrzymania ruchu.

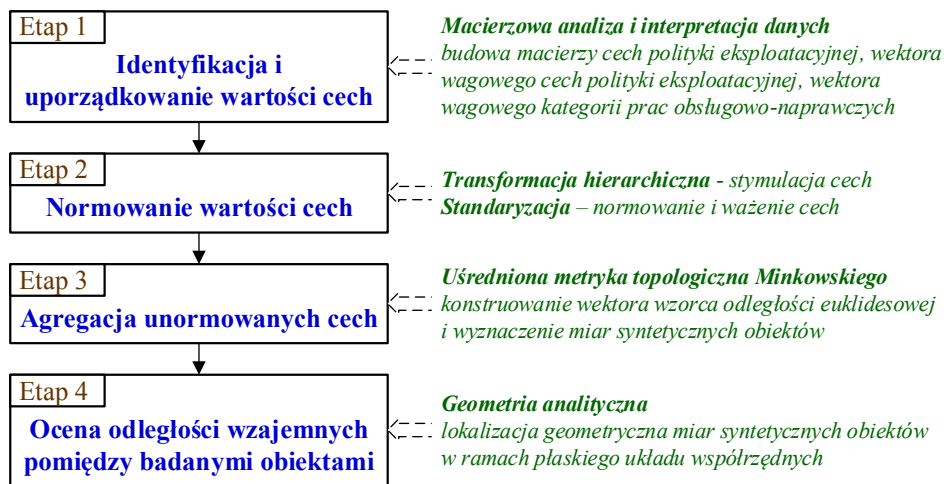
W świetle powyższych założeń, a także w oparciu o wyniki dotychczasowych prac, prowadzonych w odniesieniu do eksploatowanych złożonych systemów technicznych [7, 11, 16], autor opracował sposób oceny polityki eksploatacyjnej obejmujący:

- budowę taksonomicznego modelu oceny polityki eksploatacyjnej,
- budowę procedury generowania wzorców pozycjonujących,
- wariantową ocenę polityki eksploatacyjnej w oparciu o przygotowane zbiory danych.

Proponowany sposób oceny uwzględnia w swoich podstawach elementy metod taksonomicznych [3, 4, 18, 20, 21], znanych i stosowanych w obszarze nauk społeczno-ekonomicznych. Wykorzystywane w tym zakresie modele matematyczne pozwalają na przeprowadzenie statystycznego porównania cech różnych niepowiązanych ze sobą kategorii. Koncepcja wykorzystania metod taksonomicznych dla potrzeb budowy modelu oceny polityki eksploatacyjnej polega na przekształcaniu cech kluczowych (kosztów, czasu i ilości prac obsługowo-naprawczych), opisujących w sposób rozproszony poszczególne fragmenty analizowanych realizacji procesów eksploatacyjnych, w zmienną syntetyczną będącą swoistą wypadkową oceny polityki eksploatacyjnej w zakresie rozpatrywanych zdarzeń i procesów. Pozwala to z kolei, na prowadzenie wariantowej analizy porównawczej, a w konsekwencji ocenę polityki eksploatacyjnej.

TAKSONOMICZNY MODEL OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ

Metody taksonomiczne, w założeniu teoretycznym, stanowią zbiór niejednorodnych i mocno rozproszonych modeli matematycznych, których dobór i wykorzystanie jest uzależnione od opisywanego zjawiska i zakładanych celów analizy. Dlatego, przeprowadzone w tym zakresie badania wstępne polegały na wyborze, testowaniu i ostatecznie selekcji tych taksonomicznych metod i modeli cząstkowych, które są podatne na specyfikę realizacji i możliwość opisu procesów eksploatacyjnych. Powstała w ten sposób taksonomiczna procedura budowy modelu oceny polityki eksploatacyjnej obejmuje cztery etapy, które schematycznie przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2 Procedura budowy modelu oceny polityki eksploatacyjnej z uwzględnieniem metod i narzędzi taksonomicznych

Źródło: opracowanie własne w oparciu o [18, 20]

Procedurę przedstawioną na rys. 2, tworzą:

Etap 1: Identyfikacja i uporządkowanie wartości cech, polegające na wyborze wartości kluczowych cech charakteryzujących politykę eksploatacyjną, a następnie ich organizacji w świetle kategorii prac obsługowo-naprawczych, typowych dla rozpatrywanej klasy systemów technicznych (tab. 1).

Tabela 1 Schemat organizacji wielkości wejściowych modelu oceny polityki eksploatacyjnej

		Cecha kluczowa 1	...	Cecha kluczowa n
W/B		w ₁	...	w _n
Kategoria 1	b ₁	ch ₁₁	...	ch _{1n}
...
Kategoria p	b _p	ch _{p1}	...	ch _{pn}

Wynikiem etapu 1 jest zbiór macierzy obejmujących: macierz cech polityki eksploatacyjnej - A, wektor wagowy cech polityki eksploatacyjnej - W, wektor wagowy kategorii prac obsługowo-naprawczych - B:

$$A = \begin{bmatrix} ch_{11} & \dots & ch_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ ch_{p1} & \dots & ch_{pn} \end{bmatrix} \quad W = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

- n ilość cech kluczowych, uwzględnionych w ocenie polityki eksploatacyjnej,
- p ilość kategorii prac obsługowo-naprawczych, uwzględnionych w ocenie polityki eksploatacyjnej,
- ch_{ij} wartości cech dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych, identyfikowanych w przedziale czasu ograniczonym wielokrotnością zrealizowanych cykli obsługowo-naprawczych,
- w_j wartości wagowe zwielokrotniające ważność poszczególnych cech w ocenie polityki eksploatacyjnej,

b_j wartości wagowe różnicujące ważność poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych w ocenie polityki eksploatacyjnej.

Etap 2: Normowanie wartości cech, które przebiega w dwóch krokach [18, 20]:

- stymulacja cech, czyli transformacja hierarchiczna, której efektem jest tendencja rosnąca wartości wszystkich cech:

$$x_{ij} = \frac{1}{ch_{ij}} \quad (i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

- normowanie i ważenie cech w oparciu o procedurę standaryzacji:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S(x_j)} \cdot w_j \cdot b_i \quad (4)$$

gdzie:

z_{ij} – cecha unormowana,

\bar{x}_j – wartość średnia klasy cech (kolumny),

$S(x_j)$ – odchylenie standardowe klasy cech (kolumny).

Wyniki obliczeń według zależności **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. - Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**, formują macierz unormowanych cech Z .

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ z_{p1} & \dots & z_{pn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Etap 3: Agregacja unormowanych cech, przebiegająca w trzech krokach [18]:

- definiowanie wektora wzorcowego (z użyciem uśrednionej metryki topologicznej Minkowskiego):

$$O_0 = [z_{0j}] \quad (6)$$

gdzie:

$$z_{0j} = \frac{\bar{z}_j}{S_j} \quad (7)$$

- wyznaczenie odległości kategorii prac obsługowo-naprawczych od obiektu wzorcowego, w oparciu o miarę euklidesową:

$$d_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{0j})^2} \quad (8)$$

- wyznaczenie miar syntetycznych dla poszczególnych analizowanych kategorii prac obsługowo-naprawczych:

$$s_i = 1 - \frac{d_{i0}}{d_0} \quad (9)$$

gdzie:

$$d_0 = \bar{d}_0 + 2 \cdot S(d_0), \quad \bar{d}_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n d_{i0}, \quad S(d_0) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (d_{i0} - \bar{d}_0)^2} \quad (10)$$

Etap 4: Ocena odległości (zależności) wzajemnych pomiędzy badanymi kategoriami prac obsługowo-naprawczych. Wykorzystując własności geometrii analitycznej na płaszczyźnie [20], wyznacza się:

- wartości współrzędnych reprezentujących punkty lokalizacji płaskiej poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych:

$$x_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m w_j \cdot (z_{ij} - \varphi_j)^2}{m \cdot (\bar{d} + 2 \cdot S_d)^2}}, \quad y_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (1 - w_j) \cdot (z_{ij} - \varphi_j)^2}{m \cdot (\bar{d} + 2 \cdot S_d)^2}} \quad (11)$$

gdzie:

w_j - współczynnik ważności,

ω_j - współczynnik zmienności:

$$w_j = \frac{\omega_j}{\sum_{k=1}^m \omega_k}, \quad \omega_j = \frac{S_j}{\bar{x}_j} \quad (12)$$

- odległości lokalizacji poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych od początku układu współrzędnych:

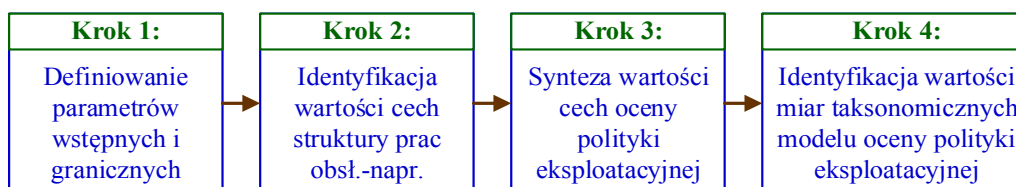
$$D_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (i = 1, \dots, p) \quad (13)$$

Wyznaczone odległości określają taksonomiczny poziom oddalenia każdej z kategorii prac obsługowo-naprawczych od wzorca. Stanowi to podstawę oceny ich udziału w polityce eksploatacyjnej.

PROCEDURA GENEROWANIA POZYCJONUJĄCYCH WZORCÓW OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ

Wyznaczone wartości miar taksonomicznych, wyrażają wpływ wybranych cech na funkcjonowanie organizacji utrzymania ruchu, wskazując na ilościowe wzajemne proporcje pomiędzy poszczególnymi kategoriami prac obsługowo-naprawczych. Jednakże, wieloaspektowy charakter proponowanego sposobu oceny, wyrażony w postaci obliczanych wypadkowych wartości miar taksonomicznych, przekłada się konsekwentnie na złożoność problemu interpretacji, która powinna być prowadzona w ujęciu porównawczym. Wymaga to definiowania wzorców odniesienia (pozycjonujących), strukturalnie podobnych do modeli oceny polityki eksploatacyjnej i stanowiących miarę taksonomicznego oddalenia analizowanych realizacji procesów eksploatacyjnych od sytuacji możliwych lub zamierzonych. Dopiero na tle tak przygotowanych wzorców, może zostać przeprowadzona analiza i ocena polityki eksploatacyjnej analizowanych systemów technicznych.

Procedurę generowania wzorców pozycjonujących oparto na realizacji czterech głównych kroków, które schematycznie przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3 Procedura postępowania przy budowie wzorców pozycjonujących ocenę polityki eksploatacyjnej

Proponowana procedura, podatna na obserwację i mapowanie przeszłej i bieżącej „rzeczywistości eksploatacyjnej”, zakłada konieczność opracowania wzorcowej struktury prac obsługowo-naprawczych, w oparciu o zbiór definiowanych parametrów (stanowiących rezultat bezpośrednich doświadczeń i zamierzeń decydentów organizacji utrzymania ruchu), a

następnie jej ilościowego opisu z wykorzystaniem, przedstawionego w punkcie 3, modelu taksonomicznego.

Krok 1: Definiowanie parametrów wstępnych i granicznych

Krok ten polega na przyjęciu (ustaleniu) wartości podstawowych parametrów definiujących wzorcową strukturę prac obsługowo-naprawczych, w szczególności:

- definiowanie parametrów wstępnych wzorcowej struktury prac obsługowo-naprawczych (tabela 2):

Tabela 2 Zestawienie parametrów wstępnych wzorcowej struktury prac obsługowo-naprawczych

Parametr	Opis
m	zakładana sumaryczna ilość prac obsługowo-naprawczych
p	zakładana ilość kategorii prac obsługowo naprawczych
z	zakładana ilość poziomów złożoności prac obsługowo-naprawczych

- definiowanie zbioru parametrów granicznych cech opisujących wzorcową politykę eksploatacyjną:

$$Cg_{ij} = \langle cmin_{ij}; cmax_{ij} \rangle, \quad Tg_{ij} = \langle tmin_{ij}; tmax_{ij} \rangle \quad (14)$$

gdzie:

$$i = 1, \dots, z; \quad j = 1, \dots, p \quad (15)$$

i zakładana ilość poziomów złożoności prac obsługowo-naprawczych,

j zakładana ilość kategorii prac obsługowo-naprawczych,

Cg_{ij} zbiór wartości granicznych, opisujących przedział kosztów, w ramach i-tego poziomu złożoności prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii,

Tg_{ij} zbiór wartości granicznych, opisujących przedział czasu, w ramach przyjętego poziomu złożoności prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii,

$cmin_{ij}, cmax_{ij}$ przyjmowane wartości graniczne kosztów, w ramach i-tego poziomu złożoności prac obsługowo-naprawczych,

$tmin_{ij}, tmax_{ij}$ przyjmowane wartości graniczne czasu, w ramach i-tego poziomu złożoności prac obsługowo-naprawczych.

- definiowanie ilościowej struktury prac obsługowo-naprawczych, w szczególności:

lz_{ij} zakładana względna (procentowa) ilość prac obsługowo-naprawczych j-tej kategorii przypadających na i-ty poziom ich złożoności,

lp_j zakładana względna (procentowa) ilość prac obsługowo-naprawczych przypadających na j-tą kategorię.

Wymienione parametry graniczne i wstępne przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3 Sposób uporządkowania cech granicznych i wstępnych struktury prac obsługowo-naprawczych dla potrzeb budowy wzorców oceny polityki eksploatacyjnej

Kategoria prac/poziom złożoności	Koszty		Czas		Ilość
	$c_{min_{ij}}$	$c_{max_{ij}}$	$t_{min_{ij}}$	$t_{max_{ij}}$	lp_j
Kategoria 1					lp_1
Poziom złożoności prac 1	$c_{min_{11}}$	$c_{max_{11}}$	$t_{min_{11}}$	$t_{max_{11}}$	lz_{11}
...
Poziom złożoności prac z	$c_{min_{z1}}$	$c_{max_{z1}}$	$t_{min_{z1}}$	$t_{max_{z1}}$	lz_{z1}
...
Kategoria p					lp_p
Poziom złożoności prac 1	$c_{min_{1p}}$	$c_{max_{1p}}$	$t_{min_{1p}}$	$t_{max_{1p}}$	lz_{1p}
...
Poziom złożoności prac z	$c_{min_{zp}}$	$c_{max_{zp}}$	$t_{min_{zp}}$	$t_{max_{zp}}$	lz_{zp}

Krok 2: Identyfikacja wartości cech struktury prac obsługowo-naprawczych

Krok ten polega na użyciu wartości parametrów wstępnych i granicznych, przyjętych i/lub wyznaczonych w kroku 1, w celu budowy ilościowego modelu opisującego wzorcową strukturę prac obsługowo-naprawczych.

$$Ck_{ij} = \frac{c_{max_i} \cdot c_{min_i}}{2} \cdot Lk_{ij}, \quad Tk_{ij} = \frac{t_{max_i} \cdot t_{min_i}}{2} \cdot Lk_{ij} \quad (16)$$

$$Lk_{ij} = lp_j \cdot lz_{ij} \cdot m$$

gdzie:

$$i = 1, \dots, z, \quad j = 1, \dots, p, \quad lz_i \in < 0,1 >, \quad lp_j \in < 0,1 >, \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^p lz_i = 1, \quad \sum_{j=1}^k lp_j = 1$$

Ck_{ij} wartość kosztów prac obsługowo-naprawczych, przypadających na i-ty poziom złożoności prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii,

Tk_{ij} wartość czasu prac obsługowo-naprawczych, przypadających na i-ty poziom złożoności prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii,

Lk_{ij} ilość prac obsługowo-naprawczych, przypadających na i-ty poziom złożoności prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii.

W typowym (zamierzonym przez autora) ujęciu, struktura taka powinna zostać oparta na wartościach: kosztów, czasu i liczbie prac obsługowo-naprawczych, uporządkowanych w obrębie poszczególnych kategorii prac i poziomów ich złożoności.

Sposób uporządkowania wartości cech opisu struktury prac obsługowo-naprawczych, dla potrzeb budowy wzorców oceny polityki eksploatacyjnej, zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4 Sposób uporządkowania cech struktury prac obsługowo-naprawczych dla potrzeb budowy wzorcowego modelu oceny polityki eksploatacyjnej

Kategoria prac/poziom złożoności	Koszty	Czas	Ilość
	Ck_{ij}	Tk_{ij}	Lk_{ij}
Kategoria 1			
Poziom złożoności prac 1	Ck_{11}	Tk_{11}	Lk_{11}
...
Poziom złożoności prac z	Ck_{z1}	Tk_{z1}	Lk_{z1}
...
Kategoria p			
Poziom złożoności prac 1	Ck_{1p}	Tk_{1p}	Lk_{1p}
...
Poziom złożoności prac z	Ck_{zp}	Tk_{zp}	Lk_{zp}

Krok 3: Synteza wartości cech wzorcowej struktury prac obsługowo-naprawczych
 Krok ten polega na wyznaczeniu sumarycznych wartości cech (kosztów, czasu i liczby), w ramach poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych, według następujących zależności:

$$C_j = \sum_{i=1}^z Ck_{ij}, \quad T_j = \sum_{i=1}^z Tk_{ij}, \quad L_j = \sum_{i=1}^z Lk_{ij} \quad (18)$$

gdzie:

- L_{ij} sumaryczna ilość prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii,
- C_{ij} sumaryczna wartość kosztów prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii,
- T_{ij} sumaryczna wartość czasu prac obsługowo-naprawczych w j-tej kategorii.

Efekt obliczeń jest uporządkowanie struktury prac obsługowo-naprawczych w obrębie pojedynczego wzorca (tabela 5).

Tabela 5 Sposób uporządkowania struktury prac obsługowo-naprawczych dla potrzeb wzorca polityki eksploatacyjnej

Kategoria prac	Koszty	Czas	Ilość
Kategoria prac 1	C_1	T_1	L_1
...
Kategoria prac p	C_p	T_p	L_p
Suma	$CC = \sum_{j=1}^k C_j$	$TC = \sum_{j=1}^k T_j$	$LC = \sum_{j=1}^k L_j$

Krok 4: Identyfikacja miar taksonomicznych wzorca oceny polityki eksploatacyjnej
 Opracowana i uporządkowana struktura prac obsługowo-naprawczych jest w tym momencie gotowa do wyznaczenia miar taksonomicznych oceny polityki eksploatacyjnej. Ze względu na porównawczy cel budowy wzorców oceny polityki eksploatacyjnej, obliczenia taksonomiczne muszą zostać przeprowadzone na podstawie zbioru zależności (2) - (13), zamieszczonych w punkcie 3.

DYSKUSJA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OPRACOWANEJ METODYKI DO OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW TECHNICZNYCH

Budowa taksonomicznych modeli oceny polityki eksploatacyjnej (zarówno wzorcowych-pozycjonujących, jak i tych, które opisują politykę eksploatacyjną złożonych systemów technicznych) pozwala na prowadzenie analizy funkcjonowania badanych organizacji utrzymania ruchu. Możliwe i praktycznie uzasadnione są w tym zakresie cztery koncepcje, w szczególności:

- a. liniowa analiza polityki eksploatacyjnej w oparciu o wypracowane wzorce pozycjonujące,
- b. wzajemna analiza porównawcza polityki eksploatacyjnej dla organizacji utrzymania ruchu o podobnej specyfice działalności (np. porównanie dwóch organizacji utrzymania ruchu zarządzających odrębnymi systemami technicznymi),
- c. czasowa analiza porównawcza polityki eksploatacyjnej, prowadzona w obrębie różnych cykli obsługowo-naprawczych,
- d. symulacyjna analiza polityki eksploatacyjnej, w oparciu o kontrolowaną zmianę wartości wybranych cech i wag, w obrębie przyszłych (planowanych lub projektowanych) cykli obsługowo-naprawczych.

Z wymienionych powyżej koncepcji, dwie pierwsze mają charakter statyczny, odnoszący się do z góry określonego momentu czasowego, i w tym ujęciu stanowią przedmiot zainteresowania w zakresie bieżącej oceny polityki eksploatacyjnej. Natomiast koncepcje trzecia i czwarta, ze względu na dużą zmienność czasową, mogą zostać wykorzystane do oceny sposobu i zakresu funkcjonowania organizacji utrzymania ruchu w warunkach dynamicznych zmian otoczenia, zarówno w relacji cechy przeszłe - cechy bieżące, jak i w odniesieniu do planowanego lub symulowanego stanu i specyfiki polityki eksploatacyjnej.

Bieżąca ocena polityki eksploatacyjnej może przebiegać w zakresie dwóch kroków:

1. Wyodrębnienie dominujących kategorii prac obsługowo-naprawczych analizowanego systemu technicznego, a następnie podjęcie próby wstępnej (liniowej) interpretacji charakteru i specyfiki polityki eksploatacyjnej. Dominację poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych należy interpretować w postaci jednej z dwóch form:
 - dominacja bezwzględna wybranych kategorii prac obsługowo-naprawczych, wyrażona w postaci minimalizacji wartości miary syntetycznej, z jednoczesną maksymalizacją wartości wypadkowej odległości geometrycznej, co stanowi o charakterze polityki eksploatacyjnej,
 - dominacja względna wybranych kategorii prac obsługowo-naprawczych, wyrażona poprzez maksymalizację odległości geometrycznych pomiędzy poszczególnymi pojedynczymi kategoriami, w ramach tworzących się skupień (większa wzajemna odległość pomiędzy poszczególnymi kategoriami/skupieniami, oznacza większą dominację względną analizowanej kategorii/skupienia).
2. Przeprowadzenie procedury porównawczej, na tle wzorców lub taksonomicznego modelu polityki eksploatacyjnej innego systemu technicznego o podobnej specyfice. Następnie podjęcie próby interpretacji uwarunkowań eksploatacyjnych organizacji utrzymania ruchu, w ujęciu zarówno podobieństwa taksonomicznego, jak i w zakresie poziomu wzajemnego dopasowania poszczególnych cech opisujących strukturę prac obsługowo-naprawczych.

Opisana procedura porównawcza powinna obejmować odniesienie kluczowych wartości cech analizowanych systemów technicznych do odpowiadających im analogicznych cech wzorców. Porównanie takie, realizowane dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych, powinno przebiegać według następujących zależności:

$$\begin{aligned}
 Ps_{min} &= \min_{1 \leq j \leq 3} \left| \sum_{i=1}^4 (Ss_i - Sw_{ij}) \right| \\
 Pd_{min} &= \min_{1 \leq j \leq 3} \left| \sum_{i=1}^4 (Ds_i - Dw_{ij}) \right|
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

gdzie:

Ps_{min} wynik porównania oceny polityki eksploatacyjnej systemu technicznego z wzorcem pozycjonującym w zakresie miar syntetycznych, dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych,

Pd_{min} wynik porównania oceny polityki eksploatacyjnej systemu technicznego z wzorcem pozycjonującym, w zakresie odległości geometrycznych, dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych,

Ss_i wartość miary syntetycznej oceny polityki eksploatacyjnej systemu technicznego, dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych,

Sw_i wartość miary syntetycznej pozycjonującego wzorca oceny polityki eksploatacyjnej, dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych,

Ds_i wartość odległości geometrycznej oceny polityki eksploatacyjnej, dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych,

Dw_i wartość odległości geometrycznej pozycjonującego wzorca oceny polityki eksploatacyjnej, dla poszczególnych kategorii prac obsługowo-naprawczych.

Modele polityki eksploatacyjnej analizowanych systemów technicznych przyjmują specyfikę i charakter wzorców pozycjonujących o największym podobieństwie taksonomicznym, czyli w sytuacji występowania najmniejszych wypadkowych wartości bezwzględnych różnic dla odpowiednich miar syntetycznych i odległości geometrycznych (19).

WNIOSKI

Na podstawie zbudowanego modelu taksonomicznego, wykazano możliwość, jak również potrzebę kompleksowej oceny polityki eksploatacyjnej w ujęciu wieloaspektowym (z uwzględnieniem cech różnych typów). Opracowana w ten sposób metodyka modelowania polityki eksploatacyjnej, opierająca się na zasobach danych historycznych o realizacji procesów eksploatacyjnych, może stanowić ważny element oceny i kształtowania eksploatacyjnego procesu decyzyjnego formułowanego w dłuższym horyzoncie czasowym [14].

Opracowany sposób oceny polityki eksploatacyjnej będzie przedmiotem weryfikacji w warunkach funkcjonowania specyficznych eksploatacyjnie systemów technicznych jakimi są sieciowe systemy techniczne (w tym system wodociągowy, system kanalizacyjny, system ciepłowniczy). Przebieg i wyniki badań weryfikacyjnych zostaną opublikowane w kolejnym artykule autora (w następnym numerze kwartalnika Management Systems in Production

Engineering), pod tytułem: Wariantowa ocena polityki eksploatacyjnej wybranych przedsiębiorstw zarządzających sieciowymi systemami technicznymi.

LITERATURA

- [1] A. Adamkiewicz, A. Burnos. Kluczowe wskaźniki efektywności w utrzymaniu silników spalinowych w układach energetycznych jednostek pływających. Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, 2 (189), s. 5-16.
- [2] J. Campbell, A. Jardine, J. McGlynn. Asset Management Excellence. Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions. Boca Raton: CRC Press, 2011.
- [3] T. Grabiński, S. Wydymus, A. Zeliaś. Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych. Warszawa: PWN, 1989.
- [4] Z. Hellwig. Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr. Przegląd Statystyczny nr 4/1968, s. 307-327.
- [5] M. Jasiulewicz-Kaczmarek, M. Drożyner. The role of maintenance in reducing the negative impact of a business on the environment. Sustainability Appraisal: Quantitative Methods and Mathematical Techniques for Environmental Performance Evaluation, EcoProduction 2013, pp. 141-166.
- [6] J. Kaźmierczak. Eksploatacja systemów technicznych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2000.
- [7] J. Kaźmierczak, A. Loska, M. Dąbrowski. Use of geospatial information for supporting maintenance management in a technical network system. Belgrad: Proceedings of 21th European Congress on Maintenance and Asset Management "Euromaintenance 2012", 2012, pp. 287-297.
- [8] A. Kelly. Strategic Maintenance Planning. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [9] J. Konieczny. Sterowanie eksploatacją urządzeń. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1975.
- [10] J. Levitt. The Handbook of Maintenance Management (second edition). New York: Industrial Press Inc., 2009.
- [11] A. Loska. Exploitation assessment of selected technical objects using taxonomic methods. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2013; 15 (1): 1–8.
- [12] A. Loska. Przegląd modeli ocen eksploatacyjnych systemów technicznych. Opole: Konferencja Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2011; t. 2, s. 37-46.
- [13] A. Loska. Selected organizational aspects of maintenance organization modelling. Czasopismo Management Systems in Production Engineering, No 4 (4)/2011, pp. 13-18.
- [14] A. Loska. Remarks about modelling of maintenance processes with the use of scenario techniques. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2012; 14 (2): 92-98.
- [15] A. Loska. Wybrane aspekty komputerowego wspomaganie zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu. Monografia. Opole-Zabrze: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2012.

- [16] A. Loska. Model polityki eksploatacyjnej dla potrzeb wspomagania procesu decyzyjnego w sieciowym systemie technicznym. *Czasopismo Mechanik* 7/2014, s. 555 - 565.
- [17] K. Midor, M. Zasadzień, B. Szczęśniak. Przegląd technologii wykorzystywanych do realizacji usług typu e-maintenance. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Organizacja i Zarządzanie*, z. 63a (1891)/2012, s. 301-311.
- [18] A. Młodak. Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej. Warszawa: Wydawnictwo Difin, 2006.
- [19] S. Nakajima. Introduction to TPM. Total Productive Maintenance. Portland: Productivity Press, 1988.
- [20] T. Panek. Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa, 2009.
- [21] W. Paszkowski. Innowacyjna metoda oceny hałasu drogowego w środowisku miejskim. Opole: w monografii pod red. R. Knosali: *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015, Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Zakopane marzec 2015, tom 2, str. 810-818.
- [22] R.W. Peters. Maintenance Benchmarking and Best Practices: A Profit - and Customer - Centered Approach. New York: McGraw-Hill, 2006.
- [23] PN-EN 15341:2007 - Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny, 2007.
- [24] B. Skotnicka-Zasadzień, W. Biały. An analysis of possibilities to use Pareto chart for evaluating mining machines' failure frequency. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2011; 3 (51): 51-55.
- [25] J. Smith. The KPI Book. Stoubridge: Insight Training & Development Limited, 2001.
- [26] T. Suzuki. TPM in Process Industries. Portland: Productivity Press, 1994.
- [27] The Productivity Development Team. OEE for Operators. New York: Productivity Press Inc., 1999.
- [28] T. Wiremann. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance (second edition). New York: Industrial Press, 2005.
- [29] R. Wolniak, B. Skotnicka-Zasadzień: The use of value stream mapping to introduction of organizational innovation in industry, „*Metalurgija*”, vol 53., iss. 4, 2014, str. 709-712.
- [30] B. Żółtowski, S. Niziński. Modelowanie procesów eksploatacji. Radom: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji - PIB, 2010.