

Włodzimierz Matusik

Koncepcja wielokryterialnej metody oceny systemu prowadzenia pociągów na modernizowanych liniach kolejowych

Podczas modernizacji linii kolejowych w Polsce należy wziąć pod uwagę rodzaj systemu prowadzenia pociągów, który będzie najbardziej odpowiedni dla danego odcinka linii kolejowej. W artykule zaprezentowano pewną koncepcję oceny różnych wariantów systemów prowadzenia pociągów. Studia wykonalności nie zawsze potrafią odpowiedzieć na pytanie, jaki system najlepiej zastosować. Przedstawiona metoda uwzględnia punkty widzenia zarówno użytkownika transportu kolejowego, jak i zarządcy infrastruktury. Pozwala wybrać system najbardziej dopasowany do oczekiwań każdej strony.

Słowa kluczowe: wybór systemu, system prowadzenia pociągów, metoda oceny.

Obecnie w Polsce obserwuje się dynamiczny rozwój transportu kolejowego. Wiele odcinków linii kolejowych jest modernizowanych, a plany inwestycyjne na najbliższe lata są bardzo bogate. Zatem rodzi się potrzeba, aby procesy inwestycyjne były jak najbardziej efektywne. Przy rozpatrywaniu modernizacji danej linii kolejowej trzeba zastanowić się m.in., jaki system prowadzenia pociągów będzie najbardziej odpowiadał oczekiwaniom zarówno użytkowników transportu kolejowego, jak i zarządcy infrastruktury.

Przy analizie danej linii kolejowej w kontekście modernizacji systemu SRK powinno się uwzględnić wiele aspektów. Zastosowane rozwiązania muszą być jak najbardziej przyjazne środowisku naturalnemu, a jednocześnie powinny umożliwiać lepsze wykorzystanie posiadanych zasobów. Należy wziąć pod uwagę prognozy potrzeb przewozowych danego regionu oraz konieczność dostosowania infrastruktury do standardów i wymagań Unii Europejskiej. Stosowane systemy powinny uwzględniać przewidywaną wielkość zadań, odpowiednie wyposażenie, koszt realizacji, ale także zwiększenie bezpieczeństwa oraz jakości świadczonych usług przez przewoźników kolejowych. Można zatem stwierdzić, że analiza inwestycji infrastrukturalnych na sieci kolejowej powinna mieć charakter wielokryterialny.

Istnieje więc potrzeba poszukiwania metod wielokryterialnego rozwiązania problemów, które pomogą we właściwym podejmowaniu decyzji inwestycyjnych, uwzględniających różne cele i ocenywanie użytkowników.

Założenia metody

Określenie wariantów

W każdym studium wykonalności przeprowadza się analizę kilku wariantów realizacji danej inwestycji. Do analizy wybrano różne systemy prowadzenia pociągów na liniach dwutorowych, gdzie ruch prowadzony jest w jednym kierunku po ustalonym torze. Patrząc w kierunku jazdy, jest to tor prawy – tor właściwy. W związku z tym głównym niebezpieczeństwem w ruchu pociągów jest możliwość najechania jednego pociągu na tył pociągu jadącego przed nim. Każdy zbiór wariantów ma postać [5]:

$$V = \{1, 2, \dots, v, \dots, V\}.$$

Ruch pociągów prowadzony jest na kilka sposobów [9, 6]:

1) Wariant V1 – zapowiadanie telefoniczne

Dwa sąsiednie posterunki zapowiadawcze wykonują określone czynności:

- A. Oznajmienie odjazdu pociągu do sąsiedniego posterunku następczego.
- B. Potwierdzenie przyjazdu pociągu przez sąsiedni posterunek następczy.

2) Wariant V2 – półsamoczynna blokada liniowa

Ruch prowadzony jest za pomocą obsługi bloku początkowego i końcowego:

- A. Zablokowanie na posterunku następczym wyprawiającym pociąg bloku początkowego i odblokowanie się współpracującego z nim na sąsiednim posterunku bloku końcowego, co dla pierwszego posterunku jest oznajmieniem odjazdu, a dla drugiego – otrzymaniem oznajmienia odjazdu pociągu.
- B. Zablokowanie bloku końcowego przez posterunek zapowiadawczy przyjmujący pociąg i odblokowanie się bloku początkowego współpracującego z nim na posterunku wyprawiającym pociąg, co dla pierwszego posterunku jest potwierdzeniem przyjazdu pociągu, a dla drugiego – otrzymaniem potwierdzenia przyjazdu.

3) Wariant V3 – samoczynna blokada liniowa

Szlak dzieli się na odstępy blokowe za pomocą semaforów samoczynnych, na których wyświetlane są sygnały generowane przez przejeżdżające pociągi wskutek zwierania lub zwalniania tzw. odcinków izolowanych. Zatem następstwo pociągów jest regulowane w sposób samoczynny. Posterunki ruchu telefonicznie przekazują sobie informację o numerach pociągów.

4) Wariant V4 – system ETCS poziom 1

System bazuje na transmisji danych poprzez balisy zezwoleń na jazdę wydawane przez semafony. Do sygnalizatora za pośrednictwem kodera dołączona jest przełączalna balisa, która wydaje pozwolenie na jazdę zależne od informacji sygnałowej na semaforze do pokładowego urządzenia ETCS, które w oparciu o przekazane dane sprawdza, czy maszynista prowadzi pociąg prawidłowo ze wskazaniem semafora. Przedstawiona wersja systemu charakteryzuje się niskimi kosztami, ale prowadzi do ograniczenia przepustowości linii i wymaga, aby maszynista znał sygnalizację obowiązującą na danej kolei.

5) Wariant V5 – system ETCS poziom 2

System ten opiera się na ciągłej cyfrowej dwukierunkowej transmisji radiowej. Wyposażenie lokomotywy musi być zwiększone w stosunku do tego, co przy systemie w poziomie 1 o urządzenia cyfrowej radiowej transmisji danych z wykorzystaniem systemu GSM-R. W tym systemie tor poza balisami wyposażony jest w radiowe centra sterowania. W przypadku, kiedy wszystkie pociągi kursujące po linii byłyby wyposażone w system poziomu 2 ETCS, można usunąć wszystkie semafony, gdyż ich funkcje przejmuje sygnalizacja kabinowa. Balisy w tym systemie nie muszą być przełączalne, gdyż wszystkie informacje zmienne można przekazywać przez kanał radiowy. Balisy są podstawą lokalizacji pociągu, dlatego nie mogą zostać całkiem usunięte. System poziomu 2 jest jednak znacznie droższy od systemu poziomu 1 ze względu na konieczność centralizacji sterowania. Jednak system poziomu 2 nie ogranicza przepustowości linii i nie wymaga od maszynisty znajomości sygnalizacji obowiązującej na danej kolei.

6) Wariant V6 – system ETCS poziom 3

System poziomu 3 jest rozwinięciem systemu poziomu 2 poprzez przeniesienie kontroli zajętości torów z urządzeń przytorowych do urządzeń pokładowych. Powoduje to, że jazda pociągu jest możliwa w ruchomym odstępie blokowym i umożliwia rezygnację z obwodów torowych i liczników osi.

Sprzęt w lokomotywie systemu 3 poza urządzeniami z systemu 2 musi być wyposażony w bezpieczny i niezawodny system kontroli ciągłości składu. Natomiast tor wyposażony jest, podobnie jak system 2 w balisy i radiowe centra sterowania (RBC), ale funkcje kontroli zajętości torów realizowane są w nieco inny sposób.

System poziomu 3 oparty jest na radiowej łączności GSM-R do wydawania zezwoleń na jazdę i technikę kontroli zajętości torów poprzez kombinację kontroli położenia pociągów i kontroli ciągłości składów. Dzięki temu istnieje możliwość jazdy pociągu w ruchomym odstępie blokowym. Daje to możliwość maksymalnego wykorzystania przepustowości linii, umożliwiając prowadzenie ruchu mieszanego - rozumianego jako wykorzystanie linii do jazd pociągów wyposażonych i niewyposażonych w pokładowe urządzenia ETCS.

Główne cele realizacji inwestycji

Do oceny wymienionych wariantów modernizacji linii kolejowej pod względem systemu prowadzenia pociągów zdefiniowano cele, które są do osiągnięcia w procesie inwestycyjnym [5]:

$$C = \{1, 2, \dots, c, \dots, C\}$$

Ważność poszczególnych celów oznaczono jako $q(c)$ [5]:

$$\forall c \in C \quad q(c) \geq 0 \wedge q(c) \leq 1 \quad \text{oraz} \quad \sum_{c \in C} q(c) = 1$$

Głównym celem polityki transportowej państwa powinno być podniesienie atrakcyjności transportu kolejowego w zakresie świadczonych usług. Aby podwyższyć jakość świadczonych usług, należy m.in. wyeliminować wiele ograniczeń prędkości, podwyższyć prędkości maksymalne na danych odcinkach linii kolejowych oraz zwiększyć przepustowość i bezpieczeństwo ruchu.

Kolejną ważną kwestią przy ocenie inwestycji mogą być aspekty ekonomiczne, rozpatrywane z punktu widzenia zarządcy infrastruktury, aby uzyskać jak najlepszy wynik ekonomiczny. O stopniu realizacji celu ekonomicznego mogą świadczyć przewidywane koszty użytkowania danego systemu sterowania, nakłady na jego budowę lub modernizację oraz spodziewane przychody wynikające z udostępnionego systemu, w tym wzrost udziału transportu kolejowego w obsłudze potoku ruchu w danych relacjach przewozowych, wynikający z atrakcyjności usług kolejowych.

Przy obecnie wykonywanych inwestycjach duże znaczenie ma również aspekt środowiskowy, który uwzględnia wpływ prowadzonej inwestycji na środowisko, głównie: zajętość terenu, spodziewana emisja hałasu, przewidywane zanieczyszczenia wód czy prawdopodobieństwo występowania wypadków z udziałem ludzi i zwierząt.

Można zatem przyjąć cztery główne cele modernizacji linii kolejowej pod względem systemu prowadzenia pociągów:

1. Cel ogólnospołeczny – rozpatrywany z punktu widzenia użytkowników infrastruktury.
2. Cel techniczny – rozpatrywany z punktu widzenia zarządcy infrastruktury.
3. Cel ekonomiczny.
4. Cel środowiskowy – rozpatrywany ze względu na wymagania ochrony środowiska.

Wagi poszczególnych celów zostały określone w tabeli 1.

Tab. 1. Cele inwestycji oraz ich wagi

Nr	Nazwa celu	Wagi [%]
1	Ogólnospołeczny	$q(1) = 30$
2	Techniczny	$q(2) = 25$
3	Ekonomiczny	$q(3) = 35$
4	Środowiskowy	$q(4) = 10$

Źródło: oprac. własne.

Kryteria oceny realizacji inwestycji

Dla każdego zdefiniowanego celu realizacji inwestycji określono zbiór kryteriów oceny poszczególnych systemów prowadzenia pociągów [5]:

$$K(c) = \{1, 2, \dots, k(c), \dots, K(c)\}.$$

Tak samo, jak to było w przypadku celów, określamy ważność poszczególnych kryteriów $q(c, k(c))$ [5]:

$$\forall c \in C \quad \forall k(c) \in K(c) \quad q(c, k(c)) \geq 0 \wedge q(c, k(c)) \leq 1$$

$$\text{oraz} \quad \forall c \in C \quad \sum_{k(c) \in K(c)} q(c, k(c)) = 1$$

W celu określenia poszczególnych kryteriów zostanie zastosowana tzw. metoda punktowa. Grono ekspertów nadaje punkty dla poszczególnych kryteriów, a następnie oblicza się średnią ważoną, która określa ich wartość. Wagi poszczególnych kryteriów muszą być ustalone w sposób jasny i przejrzysty.

Wagę poszczególnych kryteriów oceny w całym systemie wartościowania wariantów będą wyrażać iloczyny $q(c) \cdot q(c, k(c))$, spełniające zależności [3]:

$$\sum_{c \in C} \sum_{k(c) \in K(c)} q(c) \cdot q(c, k(c)) = 1$$

Aby ocenić poszczególne cele, zdefiniowano następujące kryteria:

1. Cele ogólnospołeczne:
 - zwiększenie poziomu bezpieczeństwa [%] $q(1,1)=0,3$,
 - zwiększenie poziomu rozwoju regionalnego na skutek inwestycji [%] $q(1,2)=0,2$,
 - zwiększenie udziału przewozów kolejowych na danej relacji transportowej [%] $q(1,3)=0,2$,
 - skrócenie czasu przejazdu pociągów na rozpatrywanym odcinku linii kolejowej [min] $q(1,4)=0,3$.
2. Cele techniczne:
 - poziom łatwości wykonania inwestycji [%] $q(2,1)=0,3$,
 - przepustowość danego odcinka linii kolejowej [par poc./h] $q(2,2)=0,4$,
 - zwiększenie prędkości pociągów [km/h] $q(2,3)=0,3$.
3. Cele ekonomiczne:
 - koszt realizacji inwestycji [mIn PLN] $q(3,1)=0,2$,
 - koszt utrzymania eksploatacyjnego infrastruktury [mIn PLN] $q(3,2)=0,3$,
 - wskaźnik wewnętrznej stopy zwrotu z inwestycji [%] $q(3,3)=0,3$,
 - poziom pracy eksploatacyjnej [pockm] $q(3,4)=0,2$.
4. Cele środowiskowe:
 - zmniejszenie zewnętrznych kosztów w wyniku przejścia pasażerów z transportu samochodowego [mIn PLN] $q(4,1)=0,3$,
 - zmniejszenie emisji hałasu [dB] $q(4,2)=0,1$,
 - zmniejszenie liczby wypadków z udziałem zwierząt [szt.] $q(4,3)=0,2$,
 - zmniejszone oddziaływanie na tereny chronione [%] $q(4,4)=0,3$,
 - zmniejszenie poziomu zajętości terenu [%] $q(4,5)=0,1$.

Tab. 2. Wartości ocen rozpatrywanych wariantów systemów prowadzenia pociągów dla poszczególnych celów oraz kryteriów

Nr celu (c)	Kryterium Nazwa	Waga [%]	Ocena wariantów $o(v,c,k(c))$						$O_{oczek.}$	Ekstr.
			V1	V2	V3	V4	V5	V6		
1	Zwiększenie poziomu bezpieczeństwa [%]	0,3	5	7	9	10	11	15	14	Max
	Zwiększenie poziomu rozwoju regionalnego na skutek inwestycji [%]	0,2	3	8	11	15	21	30	22	Max
	Zwiększenie udziału przewozów kolejowych na danej relacji transportowej [%]	0,2	15	18	25	30	45	58	43	Max
	Skrócenie czasu przejazdu pociągów na rozpatrywanym odcinku linii kolejowej [min]	0,3	9	12	20	32	38	52	40	Max
2	Poziom łatwości wykonania inwestycji [%]	0,3	48	30	25	13	12	10	15	Max
	Przepustowość danego odcinka linii kolejowej [par poc./h]	0,4	6,57	10,63	13,33	14,61	15,12	21,20	18,00	Max
	Zwiększenie prędkości pociągów [km/h]	0,3	70	100	160	200	220	250	200	Max
3	Koszt realizacji inwestycji [mln PLN]	0,2	20	23	30	41	42	50	40	Min
	Koszt utrzymania eksploatacyjnego infrastruktury [mln PLN]	0,3	0,8	1,2	2,1	2,5	2,8	3,2	2,0	Min
	Wskaźnik wewnętrznej stopy zwrotu z inwestycji [%]	0,3	22,5	28,6	32,1	32,5	36,6	45,5	40,0	Max
	Poziom pracy eksploatacyjnej [poc/km]	0,2	130	140	155	160	168	182	180	Max
4	Zmniejszenie zewnętrznych kosztów w wyniku przejścia pasażerów z transportu samochodowego [mln PLN]	0,3	0,8	1,5	2,3	3,5	6,1	8,9	6,2	Max
	Zmniejszenie emisji hałasu [dB]	0,1	2	2	3	4	4	6	3	Max
	Zmniejszenie ilości wypadków z udziałem zwierząt [szt.]	0,2	0	0	2	4	8	8	6	Max
	Zmniejszone oddziaływanie na tereny chronione [%]	0,3	2	5	8	12	13	18	14	Max
	Zmniejszenie poziomu zajętości terenu [%]	0,1	2	3	5	6	6	9	6	Max

$O_{oczek.}$ – wartość oczekiwana; *Przedstawione dane zostały podane jako wartości hipotetyczne.

Źródło: oprac. własne.

Ocena poszczególnych wariantów inwestycji

Gdy już zdefiniowane zostały cele, kryteria i ich ważności, należy ustalić oceny poszczególnych wariantów. Trzeba pamiętać, aby kryteria oceny poszczególnych systemów prowadzenia pociągów były mierzalne. Ocenę wariantu v z punktu widzenia danego kryterium $k(c)$ w celu c oznacza się jako $o(v,c,k(c))$. Natomiast wartość oczekiwaną oceny danego kryterium oznaczmy jako $O_{oczek.}$. Wartości ocen wariantów zestawiono w tabeli 2.

Poszczególne kryteria zestawione w tabeli 2 są wyrażone w różnych jednostkach oraz część z nich jest maksymalizowana - wartość największa jest najkorzystniejsza, a część minimalizowana - wartość najmniejsza jest najkorzystniejsza. Dlatego należy przeprowadzić normalizację ocen wariantów, aby można je było porównywać. Normalizacja powinna być przeprowadzona tak, aby ocena danego kryterium była odniesiona do wartości oczekiwanej przy modernizacji:

- dla kryteriów maksymalizowanych:

$$f_o(v, c, k(c)) = \min\left(1, \frac{o(v, c, k(c))}{O_{oczek.}(v, c, k(c))}\right)$$

- dla kryteriów minimalizowanych:

$$f_o(v, c, k(c)) = \min\left(1, \frac{O_{oczek.}(v, c, k(c))}{o(v, c, k(c))}\right)$$

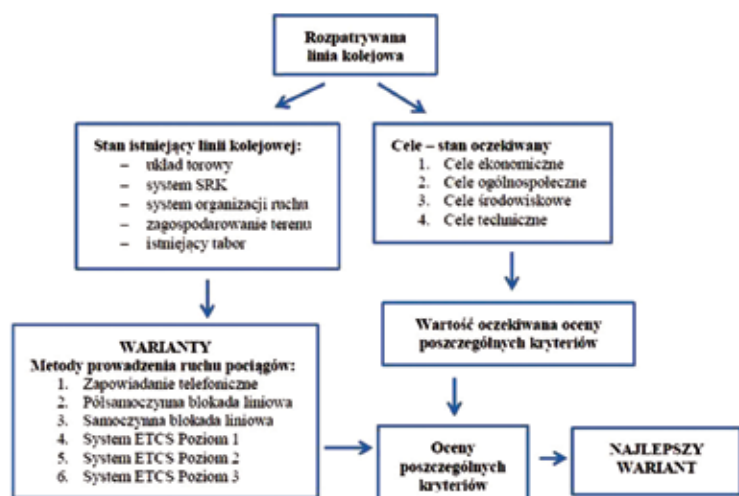
Na przykład inwestor oczekuje, że po modernizacji linii kolejowej przepustowość będzie wynosiła 15 par poc./h [2] i taka wartość przepustowości zostanie osiągnięta zarówno przy systemie ETCS poziom 2, jak i ETCS poziom 3. Dlatego oba te systemy dostaną maksymalną ocenę - 1, mimo że ich wartości są

różne. Wartość oczekiwana powinna być wyznaczona w sposób jednoznaczny. Wartość przepustowości powinna wynikać także z długoterminowych prognoz transportowych dla danej relacji transportowej [7, 8]. Podobnie koszty modernizacji oraz późniejszej eksploatacji powinny wynikać z założeń i analiz inwestora,

Tab. 3. Wartości unormowanych ocen wariantów według kryteriów oraz oceny wariantów według celów modernizacji wybranej linii kolejowej

Nr celu (c)	Kryterium Nazwa	Waga [%]	Ocena wariantów $f_o(v,c)$					
			V1	V2	V3	V4	V5	V6
1	Zwiększenie poziomu bezpieczeństwa [%]	0,3	0,36	0,50	0,64	0,71	0,79	1,00
	Zwiększenie poziomu rozwoju regionalnego na skutek inwestycji [%]	0,2	0,14	0,36	0,50	0,68	0,95	1,00
	Zwiększenie udziału przewozów kolejowych na danej relacji transportowej [%]	0,2	0,35	0,42	0,58	0,70	1,00	1,00
	Skrócenie czasu przejazdu pociągów na rozpatrywanym odcinku linii kolejowej [min]	0,3	0,23	0,30	0,50	0,80	0,95	1,00
	Razem	1,0	0,27	0,40	0,56	0,73	0,91	1,00
2	Poziom łatwości wykonania inwestycji [%]	0,3	1,00	1,00	1,00	0,87	0,80	0,67
	Przepustowość danego odcinka linii kolejowej [par poc./h]	0,4	0,37	0,59	0,74	0,81	0,84	1,00
	Zwiększenie prędkości pociągów [km/h]	0,3	0,35	0,50	0,80	1,00	1,00	1,00
	Razem	1,0	0,55	0,69	0,84	0,88	0,88	0,90
3	Koszt realizacji inwestycji [mln PLN]	0,2	1,00	1,00	1,00	0,98	0,95	0,80
	Koszt utrzymania eksploatacyjnego infrastruktury [mln PLN]	0,3	1,00	1,00	0,95	0,80	0,71	0,63
	Wskaźnik wewnętrznej stopy zwrotu z inwestycji [%]	0,3	0,56	0,72	0,80	0,81	0,92	1,00
	Poziom pracy eksploatacyjnej [poc/km]	0,2	0,72	0,78	0,86	0,89	0,93	1,00
	Razem	1,0	0,81	0,87	0,90	0,86	0,87	0,85
4	Zmniejszenie zewnętrznych kosztów, w wyniku przejścia pasażerów z transportu samochodowego [mln PLN]	0,3	0,13	0,24	0,37	0,56	0,98	1,00
	Zmniejszenie emisji hałasu [dB]	0,1	0,67	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00
	Zmniejszenie ilości wypadków z udziałem zwierząt [szt.]	0,2	0,00	0,00	0,33	0,67	1,00	1,00
	Zmniejszone oddziaływanie na tereny chronione [%]	0,3	0,14	0,36	0,57	0,86	0,93	1,00
	Zmniejszenie poziomu zajętości terenu [%]	0,1	0,33	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00
	Razem	1,0	0,18	0,30	0,53	0,76	0,97	1,00

Źródło: oprac. własne.



Rys. 1. Schemat wielokryterialnej metody oceny systemu prowadzenia pociągów

Źródło: oprac. własne.

Tab. 4. Wyniki wielokryterialnej oceny wariantów modernizacji linii kolejowej

Nr	Cel		Ocena wariantów $f_o(v, c)$					
	Nazwa	Waga [%]	V1	V2	V3	V4	V5	V6
1	Ogólnospołeczny	0,30	0,27	0,40	0,56	0,73	0,91	1,00
2	Techniczny	0,25	0,55	0,69	0,84	0,88	0,88	0,90
3	Ekonomiczny	0,35	0,81	0,87	0,90	0,86	0,87	0,85
4	Środowiskowy	0,10	0,18	0,30	0,53	0,76	0,97	1,00
	Ogółem	1,00	0,52	0,62	0,74	0,82	0,89	0,92

Źródło: oprac. własne.

który ma konkretny budżet przeznaczony na inwestycję oraz na eksploatację [4].

Wyznaczona w ten sposób wartość f_o jest unormowaną oceną wariantu v ze względu na wyróżnione kryterium $k(c)$ w celu c .

Aby wyznaczyć zagregowane wskaźniki ocen dla analizowanych wariantów, stosuje się tzw. metodę punktową [5]:

$$F_o(v) = \sum_{c \in C} q(c) \cdot \left(\sum_{k(c) \in K(c)} q(c, k(c)) \cdot f_o(v, c, k(c)) \right)$$

Najlepszy wariant modernizacji danej inwestycji we względu na przyjęte kryteria jest wtedy, kiedy wyznaczony wskaźnik osiąga wartość maksymalną. Ostatecznie wskaźniki ocen poszczególnych wariantów modernizacji badanej linii kolejowej wyznaczono w tabeli 4.

Wnioski

Zaprezentowana wielokryterialna metoda oceny systemów prowadzenia pociągów w kontekście modernizacji linii kolejowej może być przydatnym narzędziem przy wyborze najlepszego wariantu inwestycyjnego.

Proponowana metoda pozwala dobrać najlepszy wariant dostosowany do stawianych oczekiwań zarówno przez użytkowników, jak i zarządców infrastruktury kolejowej. Zachowana jest jednocześnie przejrzystość oraz jednoznaczność.

Przedstawiona metoda będzie przedmiotem dalszych analiz, aby stworzyć ją bardziej obiektywną i jednoznaczną. Dalsze prace będą zmierzały do tego, aby ważność poszczególnych celów i kry-

teriów nie była oparta jedynie na ocenie ekspertów, ale aby były one również podparte konkretnymi obliczeniami i analizami, podobnie jak oczekiwana wartość oceny poszczególnych wariantów. Metoda ta zostanie wzbogacona również o konkretne algorytmy wyznaczania ocen poszczególnych wariantów, aby każda osoba korzystająca z tej metody mogła wyznaczyć wartość danego kryterium w ten sam sposób.

Bibliografia

- Białoń A., Furman J., Kazimierczak A., Wpływ systemu sterowania ruchem kolejowym ERTMS/ETCS na zwiększenie przepustowości linii kolejowych, „Technika Transportu Szynowego” 2011, nr 1-2.
- Białoń A., Gradowski P., Gryglas M., Zarys metody analizy wpływu ESTMSETCS na wzrost przepustowości linii kolejowych, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 78, Warszawa 2011.
- Jacyna M., Modelowanie i ocena systemów transportowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- Jacyna M., Urbaniak M., Wybrane zagadnienia optymalizacji organizacji ruchu kolejowego w celu minimalizacji kosztów zużycia energii elektrycznej, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport, z. 109, Warszawa 2016.
- Jacyna M., Wasiak M., Zastosowanie wielokryterialnej oceny do wyboru wariantu modernizacji elementów infrastruktury kolejowej, Problemy Kolejnictwa, z. 146, Warszawa 2008.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji.
- Waltz A., Krajowy model transportowy i jego zastosowanie w prognozowaniu ruchu dla potrzeb PKP Intercity S.A., Zeszyty naukowo-techniczne SITK RP, oddział w Krakowie, nr 1(103), Kraków 2014.
- Żurkowski A., Kształtowanie i ocena zdolności przewozowej systemu Kolei Dużych Prędkości, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 109, Warszawa 2016.
- Żurkowski A., Pawlik M., Ruch i przewozy kolejowe. Sterowanie ruchem, KOW, Warszawa 2010.
- Żurkowski A., Techniczno-ruchowe aspekty wykorzystania linii dużych prędkości do przewozów regionalnych, „Technika Transportu Szynowego” 2016, nr 9.

Autor:

mgr inż. **Włodzimierz Matusik** – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Lądowej

A concept of multicriteria method of assessment of rail control traffic system for railroad lines being modernised

During a modernization of railroads in Poland, it is necessary to consider which train system will be the most suitable for the part of a railroad. The article presents a concept of assessment of various variants of rail control traffic system. Feasibility studies does not always answer the question which system is the best to be used. The presented method takes into account views of both the transport user and the infrastructure manager. It allows to choose the system that suits best to the expectations of each side.

Keywords: system selection, train system, evaluation method.