

METODA PLANOWANIA PRZEWOZÓW MIĘDZYNARODOWYCH TRANSPORTEM DROGOWYM Z UWZGLĘDNIENIEM CZASU OCZEKIWANIA NA PRZEJŚCIACH GRANICZNYCH

W artykule przedstawiono problematykę planowania przewozów międzynarodowych. Przeanalizowano wpływ czasu oczekiwania na przejściach granicznych na czas oraz koszt przewozu. Przedstawiono zastosowaną metodę prognozowania czasu oczekiwania na przejściu granicznym. Przedstawiono autorską metodę planowania przewozów międzynarodowych transportem drogowym z uwzględnieniem czasu oczekiwania na przejściach granicznych. Sformułowano dwa zadania optymalizacyjne planowania przewozów oraz przedstawiono wyniki weryfikacji.

WSTĘP

Globalizacja gospodarki światowej spowodowała rozwój przedsiębiorstw wielonarodowościowych i ułatwiła transgraniczny rozwój krajowych przedsiębiorstw transportowych. Współczesne przedsiębiorstwa dążą do oferowania coraz lepszych produktów i polepszenia jakości usług, przy czym niezwykle istotne znaczenie ma minimalizacja kosztów ich działalności. W logistyce międzynarodowej poprawa jakości usług ma bezpośredni wpływ na terminowość dostaw, realizację przewozów w zadanych oknach czasowych przy jednoczesnym zmniejszeniu poziomów zapasów. Dlatego dla działalności przedsiębiorstwa niezwykle istotne znaczenie ma planowanie dostaw. Realizacja dostaw niezgodna z zaplanowanymi terminami może spowodować kosztowne przerwy w produkcji, niedostępność produktów na rynku a w efekcie utratę konkurencyjności. Negatywny wpływ niewłaściwego planowania może spowodować znaczne straty w działalności przedsiębiorstw transportowych. [1], [3], [4].

Polska ze względu na swoje położenie geograficzne odgrywa znaczącą rolę w transporcie międzynarodowym. W logistyce międzynarodowej granice międzypaństwowe mogą stanowić naturalną barierę dla transportu. Przekraczanie granic państwowych jest dozwolone tylko w określonych punktach granicznych, a ich liczba i przepustowość projektowa jest ograniczona umowami międzypaństwowymi. Oznacza to, że na danym przejściu granicznym w ciągu doby odprawić można tylko ograniczoną liczbę pojazdów. W sytuacjach, gdy do odpraw zgłasza się więcej pojazdów niż jest w stanie obsłużyć dane przejście graniczne, wzrasta czas oczekiwania na odprawę celną i graniczną. Doraźne zwiększanie przepustowości rzeczywistej poprzez zwiększenie liczebności załogi służby celnej i granicznej pozwala na nieznaczne zmniejszenie „kolejek” – zmniejszenie czasu oczekiwania na odprawę. Ze względu na bariery techniczne, architektoniczne oraz funkcjonalne na przejściach granicznych całkowite wyeliminowanie „kolejek” wydaje się niemożliwe. Dlatego służby graniczne na każdym przejściu monitorują czas oczekiwania i przekazują go do wiadomości publicznej. Dane o czasie oczekiwania na odprawę wykorzystano przy opracowywaniu metody planowania przewozów międzynarodowych transportem drogowym. [1], [3], [5].

1. CZAS OCZEKIWANIA NA ODPRAWĘ

Dane dotyczące szacunkowego czasu oczekiwania są określane przez polskie służby graniczne i podawane w oficjalnym komunikacie. Aktualizacja danych odbywa się 4 razy w ciągu zmiany. Analiza czasu oczekiwania wykazuje, że w zależności od pory dnia, roku, świąt oraz sytuacji politycznej może on wynosić od kilku do kilkudziesięciu godzin. [9].

Od 2010 do 2015 średni czas oczekiwania na odprawę na przejściu granicznym Bobrowniki wynosił od 1 do 22 [h]. W tym samym okresie odnotowane zostały maksymalne czasy oczekiwania sięgające 49 [h]. W tym samym czasie na drogowym przejściu granicznym Kuźnica średni czas oczekiwania mieścił się w zakresie od 2 do 29 [h]. Maksymalny czas oczekiwania wynosił 66 [h].

Analiza odnotowanych danych pozwala wnioskować, że natężenie ruchu oraz czas oczekiwania na przejściu granicznym zależy od ograniczeń w ruchu, ponadto świat religijnych i państwowych oraz pory roku. Jednocześnie odnotowane dane i wyniki analizy wskazują na konieczność uwzględniania czasu oczekiwania w procesie planowania przewozów międzynarodowych. Metoda uwzględniająca czas oczekiwania na przejściu granicznym pozwoli na rzeczywiste określenie kosztów oraz czasu przewozu oraz ich minimalizację. [6], [7], [9].

1.1. Prognozowanie czasu oczekiwania na odprawę

Przedsiębiorstwa często opracowują prognozy w procesie planowania działalności i stosują do tego odpowiednie metody prognozowania, które pozwalają przewidzieć zdarzenia w przyszłości.

Metody ilościowe prognozowania, to modele szeregów czasowych, modele ekonometryczne oraz modele zmiennych wiodących, które są odpowiednio dobierane do potrzeb. Proces prognostyczny zaczęto od określenia prognozowanego zjawiska, celu budowania prognozy, a w efekcie określono metodę prognozowania. Metoda prognozowania z wykorzystaniem szeregów czasowych stosowana jest dla zjawisk charakteryzujących się dużą nieregularnością. Dla wyznaczenia prognozy czasu oczekiwania na przejściu granicznym na odprawę celną i graniczną wykorzystano model trendu pełzającego z wagami harmonicznymi. [2].

W tabeli 1 przedstawiono prognozę przedziałową wykonaną na podstawie posiadanych danych archiwalnych dotyczących czasu oczekiwania na odprawę celną i graniczną.

Tab. 1. Prognoza przedziałowa czasu oczekiwania na odprawę

t - Numer pomiaru T={1,2,...,t,...,T}, t ∈ T T jest liczbą wszystkich pomiarów, T=13	WARIANTY PROGNOZY			
	PROGNOZA I	PROGNOZA II	PROGNOZA III	
1	15 [h]	14 [h]	6 [h]	
2	19 [h]	17 [h]	6 [h]	
3	15 [h]	16 [h]	7 [h]	
4	14 [h]	16 [h]	4 [h]	
5	11 [h]	10 [h]	3 [h]	
6	11 [h]	1 [h]	0 [h]	
7	10 [h]	0 [h]	4 [h]	
8	19 [h]	0 [h]	2 [h]	
9	24 [h]	12 [h]	10 [h]	
10	43 [h]	15 [h]	14 [h]	
11	36 [h]	11 [h]	22 [h]	
12	35 [h]	8 [h]	21 [h]	
13	26 [h]	3 [h]	15 [h]	
R ²	0,96	0,98	0,98	
Prognoza przedziałowa dla t=T+1	Lewy koniec	25 [h]	1 [h]	14 [h]
	Prognoza punktowa	27 [h]	3 [h]	16 [h]
	Prawy koniec	29 [h]	4 [h]	17 [h]
Wartość rzeczywista prognozowanego czasu oczekiwania na odprawę dla 14 pomiaru		28 [h]	3 [h]	14 [h]

Wartość obliczonej prognozy przedziałowej w znacznym stopniu odzwierciedla wartość rzeczywistą czasu oczekiwania. Wartość współczynnika determinacji wskazuje, że uzyskana prognoza pozwala na jej wykorzystanie w opracowanej metodzie planowania przewozów międzynarodowych.

2. METODA PLANOWANIA PRZEWOZÓW

2.1. Trasa w transporcie międzynarodowym

Zakładamy, że znane są numery punktów odbioru ładunków, o czym informuje zbiór postaci: $O = \{1, 2, \dots, o, \dots, O\}$, $o \in O$ przy czym o niech będzie bieżącym numerem punktu odbioru ładunku, natomiast O jest liczbą wszystkich punktów odbioru ładunków.

Zakładamy, że znane są numery punktów do których dostarczamy ładunków o czym informuje zbiór postaci:

$Q = \{1, 2, \dots, q, \dots, Q\}$, $q \in Q$ przy czym q jest bieżącym numerem punktu dostarczenia ładunku, natomiast Q jest liczbą wszystkich punktów do których dostarczamy ładunki.

Dane są numery rodzajów ładunków przedstawione w zbiorze postaci: $R = \{1, 2, \dots, r, \dots, R\}$, $r \in R$ przy czym r jest bieżącym numerem rodzaju ładunku, natomiast R jest liczbą wszystkich rodzajów ładunków.

Dane są numery środków transportu S , zawarte w zbiorze postaci: $S = \{1, 2, \dots, s, \dots, S\}$, $s \in S$ przy czym s jest bieżącym numerem środka transportu, natomiast S jest liczbą wszystkich środków transportu.

Znane są numery przejść granicznych, tj. zbiór postaci: $P = \{1, 2, \dots, p, \dots, P\}$, $p \in P$ przy czym p jest bieżącym numerem przejścia granicznego, natomiast P jest liczbą wszystkich przejść granicznych. [7], [8].

Dla uchwycenia faktu, które punkty graniczne obsługują jakie rodzaje towarów zakładamy, że zadane jest następujące odwzorowanie:

$\gamma_1 : P \times R \rightarrow \{0, 1\}$ przy czym jeśli $\gamma_1(p, r) = 0$, to p -te przejście graniczne nie obsługuje ładunków r -tego rodzaju, gdy $\gamma_1(p, r) = 1$ to wtedy p -te przejście graniczne obsługuje ładunki r -tego rodzaju.

Dla uchwycenia faktu, jakie punkty odbioru potrzebują towary r -tego rodzaju zakładamy, że zadane jest następujące odwzorowanie:

$\gamma_2 : O \times R \rightarrow \{0, 1\}$ przy czym, jeśli $\gamma_2(o, r) = 1$ to wtedy o -ty punkt jest punktem odbioru ładunku r -tego rodzaju natomiast gdy $\gamma_2(o, r) = 0$ to o -ty punkt nie jest punktem odbioru r -tego rodzaju ładunku.

Dla uchwycenia faktu, jakimi środkami może być przewożony towar zakładamy, że zadane jest następujące odwzorowanie:

$\gamma_3 : S \times R \rightarrow \{0, 1\}$ przy czym, jeśli $\gamma_3(s, r) = 0$ to środkiem transportu o numerze s nie może być przewożony ładunek r -tego rodzaju., natomiast gdy $\gamma_3(s, r) = 1$ to s -tym środkiem transportu może być przewożony r -tego rodzaju ładunek.

2.2. Zadania optymalizacyjne

Między miejscowością, w której zaplanowany jest odbiór ładunku o a miejscowością, w której znajduje się punkt dostarczenia ładunku q zaplanować należy trasę przewozu. Między miejscowościami odbioru i dostarczenia ładunku znajduje się granica państwowa p. W celu wyznaczenia zadanego zadania przewozu rozwiązano następujące zadania optymalizacyjne:

1. Zadanie optymalizacyjne z minimalizacją czasu przewozu od o-tego punktu odbioru ładunku do p-tego przejścia granicznego;
2. Zadanie optymalizacyjne z minimalizacją czasu przewozu od p-tego przejścia granicznego do q-tego punktu dostarczenia ładunku.

Zadanie nr 1

Dla danego **PODGRAFU** G_p grafu G infrastruktury międzynarodowego transportu drogowego, tj.: $G_p = (W1, L1, F_{L1})$ dla którego:

$W1$ - zbiór numerów wierzchołków grafu zadanego rejonu obsługi transportowej tj.: $W1 = \{w(i), w(j): i=1, 2, \dots, W1\}$;

$L1$ - zbiór łuków grafu G_p tj.: $L1 = \{m(k): k=1, 2, \dots, L1\}$ przy czym $L1$ jest liczbą łuków grafu (dróg między miejscowością $w(i)$ oraz miejscowością $w(j)$);

$FL1$ - zbiór funkcji określonych na łukach grafu.

Należy wyznaczyć zmienne decyzyjne, postaci:

– trasy $d(\beta, (o, p))$;

W podgrafie G_p między wierzchołkiem $w(o)=o$ oraz wierzchołkiem $w(p)=p$ istnieje wiele tras. Przez $d(\beta, (w(o), w(p)))$ oznaczymy trasę o numerze β w rozpatrywanym podgrafie G_p , między wyżej wyszczególnionymi wierzchołkami.

$d(\beta, (o, p)) =$

$= \langle (\beta, (w(i_1), m(k_1), w(j_1))), \dots,$

$\dots, (\beta, (w(i_1), m(k_1), w(j_1))), (\beta, (w(i_{l+1}), m(k_{l+1}), w(j_{l+1}))), \dots,$

$\dots, (\beta, (w(i_{O(\beta, (o, p))}), m(k_{O(\beta, (o, p))}), w(j_{O(\beta, (o, p))}))) \rangle$

oraz

– $t(w(i_1))$, $i_1 = 1, \dots, O(\beta, (o, p))$; momenty przyjazdu ładunku do poszczególnych miejscowości trasy (wierzchołków grafu G_p); spełniające następujące warunki:

1. $o \neq p$; $o \in O$, $O \subset W1$; $p \in P$, $P \subset W1$

2. $w(i_1) \equiv w(o)$; $\gamma_2(o, r) = 1$ tj.: wierzchołek o numerze 1 jest wierzchołkiem początkowym, w nim następuje załadunek

nek ładunku r-tego rodzaju gdy spełnione są warunki $\gamma_2(o, r) = 1$ oraz $\gamma_3(s, r) = 1$;

3. $w(j_{O(\beta, (o, p))}) \equiv w(p)$; $\gamma_1(p, r) = 1$ tj.: wierzchołek o numerze p jest wierzchołkiem końcowym trasy o numerze β , w nim może odbywać się obsługa graniczna ładunku r-tego rodzaju przewożonego środkiem transportu o numerze s (spełniony jest warunek $\gamma_3(s, r) = 1$);
4. $t(w(i_1)) \equiv t(w(o)) = t_o^*$ tj.: moment wyjazdu r-tego rodzaju ładunku z punktu odbioru o numerze 1 następuje w zadanej chwili t_o^* , ponadto jeśli $\gamma_2(o, r) = 1$ to przewóz odbywa się po trasie o numerze β ;
5. każda uporządkowana trójka wierzchołek-łuk-wierzchołek stanowi element sieci transportowej, po której odbywa się przewóz ładunków:

$$\bigwedge_{\beta} (\beta, (w(i_1), m(k_1)), w(j_1)) \in d(\beta, (o, p))$$

$$R(\beta, (w(i_1), m(k_1)), w(j_1)) = 1;$$

$$I = 1, \dots, O(\beta, (o, p));$$
6. $t(w(i_1)) + \tau(m(k_1)) \leq t(w(j_1))$ dla każdego $I = 1, 2, \dots, O(\beta, (o, p)) - 1$ tj.: moment $t(w(i_1))$ wyjazdu z wierzchołka o numerze $w(i_1)$ oraz przejazd łukiem $m(k_1)$ równym $\tau(m(k_1))$ nie może być większy od momentu dojazdu $t(w(j_1))$ do wierzchołka $w(j_1)$;
7. $w(i_1), w(j_1) \in W1$;
 $w(i_1) \neq w(j_1)$; $I = 1, 2, \dots, O(\beta, (o, p))$;
8. $w(i_{l+1}) = w(j_l)$: tj. wierzchołek początkowy kolejnej trójki definiującej trasę winien być tym samym wierzchołkiem, który jest wierzchołkiem końcowym w bezpośrednio poprzedniej trójce definiującej trasę; warunek powinien być spełniony dla każdego $I, I = 1, 2, \dots, O(\beta, (o, p)) - 1$;
9. wierzchołki końcowe są różne w każdej trójce definiującej trasę: $w(i_1) \neq w(j_1)$, powinien być spełniony warunek dla każdego I oraz $I', I \neq I', I, I' = 1, 2, \dots, O(\beta, (o, p))$;
10. w każdej trójce definiującej trasę łuki są różne: $m(k_1) \neq m(k_{I'})$, $I, I' \neq I', I, I' = 1, 2, \dots, O(\beta, (o, p))$.

Wyznaczyć zmienne decyzyjne tak, aby **funkcja kryterium osiągała wartość minimalną**:

$$\tilde{T}^{\min}(d(o, p)) = \min_{\beta \in B(o, p)} \sum_{m(k_1) \in M(\beta, (o, p))} \tau(m(k_1))$$

tzn. aby wyznaczona trasa była trasą o minimalnej długości czasowej, między zadanymi wierzchołkami o oraz p.

Zbiór różnych tras między wyróżnionymi wierzchołkami o oraz p oznaczymy przez $B(o, p)$. Ponadto niech M będzie zbiorem odcinków wchodzących w skład wszystkich tras, między wierzchołkami o oraz p. Zbiór \tilde{M} został utworzony ze zbioru M poprzez usunięcie powtarzających się elementów w zbiorze M .

Zadanie nr 2

Dla danego **PODGRAFU** G'_p grafu G infrastruktury międzynarodowego transportu drogowego: $G'_p = (W2, L2, F_{L2})$ dla którego:

$W2$ - zbiór numerów wierzchołków grafu danego rejonu obsługi transportowej tj.: $W2 = \{w(i), w(j) : I = 1, 2, \dots, W2\}$ przy czym $W2$ jest liczbą wierzchołków grafu (wierzchołek jest miejscowością przez którą może przebiegać trasa);

$L2$ - zbiór łuków grafu G'_p tj.: $L2 = \{m(k) : I = 1, 2, \dots, L2\}$ przy czym $L2$ jest liczbą dróg między miejscowością $w(i)$ oraz miejscowością $w(j)$;

F_{L2} - zbiór funkcji określonych na łukach grafu G'_p .

Należy wyznaczyć zmienne decyzyjne, postaci:

- **trasy** $d(\beta, (p, q))$;

W podgrafie G'_p między wierzchołkiem $w(p) = p$ oraz wierzchołkiem $w(q) = q$ istnieje wiele tras. Przez $d(\beta, (w(p), w(q)))$ oznaczymy trasę o numerze β w rozpatrywanym podgrafie G'_p , między wyżej wyszczególnionymi wierzchołkami.

$$d(\beta, (p, q)) =$$

$$= \langle (\beta, (w(i_1), m(k_1), w(j_1))), \dots,$$

$$\dots, (\beta, (w(i_1), m(k_1), w(j_1))), (\beta, (w(i_{l+1}), m(k_{l+1}), w(i_{l+1}))), \dots,$$

$$\dots, (\beta, (w(i_{O(\beta, (p, q))}), m(k_{O(\beta, (p, q))}), w(j_{O(\beta, (p, q))})) \rangle$$

oraz

- $t(w(i_1))$, $I = 1, \dots, Q(\beta, (p, q))$; momenty przyjazdu ładunku do poszczególnych miejscowości trasy (wierzchołków grafu G'_p);

spełniające następujące warunki:

1. $p \neq q$; $q \in Q$, $Q \subset W2$; $p \in P$, $P \subset W2$;

2. $w(i_1) \equiv w(p)$; $\gamma_1(p, r) = 1$;

3. $t(w(i_1)) \equiv t(w(p)) = t_p^*$ tj.: moment wyjazdu z miejscowości o numerze p jest zadany;

4. $w(j_{Q(\beta, (p, q))}) \equiv w(q)$; $\gamma_1(p, r) = 1$; wierzchołek o numerze q winien być wierzchołkiem końcowym trasy o numerze β , dla towaru r-tego rodzaju, który przewożony jest środkiem transportu o numerze s;

5. $t(w(j_{Q(\beta, (p, q))})) \equiv t(w(q)) = t_q$ tj.: moment dostawy ładunku r-tego rodzaju następuje w chwili t_q ;

6. każda uporządkowana trójka wierzchołek-łuk-wierzchołek stanowi element opisu sieci transportowej, po której odbywa się przewóz ładunków:

$$\bigwedge_{\beta} (\beta, (w(i_1), m(k_1), w(j_1))) \in d(\beta, (p, q))$$

$$R(\beta, (w(i_1), m(k_1), w(j_1))) = 1;$$

$$I = 1, \dots, Q(\beta, (p, q));$$

7. $t(w(i_1)) + \tau(m(k_1)) \leq t(w(j_1))$ dla każdego $I = 1, \dots, Q(\beta, (p, q))$;

8. $w(i_1), w(j_1) \in W2$; $w(i_1) \neq w(j_1)$; $I = 1, \dots, Q(\beta, (p, q))$;

9. $w(i_{l+1}) = w(j_l)$; $I = 1, \dots, Q(\beta, (p, q))$;

10. $w(j_1) \neq w(j_{I'})$; $I \neq I'$; $I, I' = 1, \dots, Q(\beta, (p, q))$;

11. $m(k_1) \neq m(k_{I'})$; $I \neq I'$; $I, I' = 1, \dots, Q(\beta, (p, q))$.

Wyznaczyć zmienne decyzyjne tak, aby funkcja kryterium osiągała wartość minimalną:

$$\hat{T}^{**}(d(p, q)) = \min_{\beta \in \mathcal{B}(p, q)} \sum_{m(k_1) \in \mathcal{M}(\beta, (p, q))} \tau(m(k_1))$$

tzn. aby wyznaczona trasa była trasą o minimalnej długości czasowej między zadanymi wierzchołkami p oraz q .

2.3. Rozwiązanie zadań optymalizacyjnych na danych rzeczywistych – weryfikacja metody planowania

Weryfikację opracowanej metody planowania przewozów międzynarodowych transportem drogowym z uwzględnieniem czasu oczekiwania na przejściach granicznych przeprowadzono przy użyciu aplikacji PTV Map&Guide Internet.

Dobrano rodzaj pojazdu, którym wykonywany będzie przewóz. Określono prędkości za jakimi pojazd będzie pokonywał poszczególne odcinki trasy w zależności od rodzaju dróg. Wprowadzono ustawowe czasy kierowania i odpoczynku dla kierowcy wykonującego przewóz. Założono jednostkowe koszty pokonania 1 km, 1 godziny pracy oraz dodatkowy koszt dla 1 trasy. Przewożone ładunki są całopojazdowe i nie wymagają kontroli sanitarnej.

Dla obliczenia przykładu założono, że odbiór ładunku będzie miał miejsce w Białymstoku tj. $o=1$. Ładunek należy dostarczyć do miejscowości Brześć tj. $q=1$. Granicę państwową w tej relacji można przekroczyć przez dwa przejścia graniczne Bobrowniki tj. $p=1$ oraz Dorohusk tj. $p=2$.

Każdorazowo wyznaczono wariant przewozu bez uwzględnienia czasu oczekiwania na przejściu granicznym na odprawę celną i graniczną oraz wariant przewozu z uwzględnioną prognozą czasu oczekiwania. Wyniki rozwiązań przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Zadania optymalizacyjne z uwzględnieniem czasu oczekiwania na odprawę – warianty

o-ty punkt odbioru	p-ty punkt graniczny	q-ty punkt dostarczenia	Numer wariantu	Czas oczekiwania	Długość trasy	Czas przewozu	Koszty
				[h]	[km]	[hh:mm]	[EUR]
1	1	1	1	0	237,47	06:55	279,34
1	1	1	2	0	290,88	07:49	347,58
1	1	1	1	5	237,47	22:55	304,34
1	1	1	2	5	290,88	23:49	372,58
1	2	1	1	0	210,72	05:59	246,89
1	2	1	2	0	280,24	07:41	327,16
1	2	1	1	6	210,72	22:59	276,89
1	2	1	2	6	280,24	24:41	357,16

Analizując otrzymane wyniki dla tras Białystok-Bobrowniki-Brześć oraz Białystok-Dorohusk-Brześć zaobserwowano wzrost czasu przewozu o:

- 231 [%] dla wariantu 1 trasy Białystok-Bobrowniki-Brześć;
- 284 [%] dla wariantu 1 trasy Białystok-Dorohusk-Brześć;
- 205 [%] dla wariantu 2 trasy Białystok-Bobrowniki-Brześć;
- 221 [%] dla wariantu 2 trasy Białystok-Dorohusk-Brześć.

Jednocześnie zaobserwowano zmianę szacunkowych kosztów przewozu. Po uwzględnieniu czasu oczekiwania na odprawę koszty wzrosły w przedziale od 7 [%] do 12 [%].

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonej analizy wpływu czasu oczekiwania na przejściu granicznym na odprawę na czas trwania przewozu oraz koszt potwierdzają zasadność opracowania autorskiej metody planowania przewozów międzynarodowych.

Metody prognozowania pozwalają na wyznaczenie prognozy czasu oczekiwania w oparciu o dane historyczne i uwzględnieniu go w późniejszym planowaniu trasy przewozu.

Prezentowana metoda planowania przewozów międzynarodowych transportem drogowym z uwzględnieniem czasu oczekiwania na przejściach granicznych pozwala na określenie minimalnego czasu i kosztu przewozu. Metoda ta może zostać wdrożona w przedsiębiorstwach wykonujących transport międzynarodowy, usprawnić proces planowania tras, określania czasu pracy kierowców, zajętości czasowej pojazdów, minimalizowania czasu trwania przewozów, minimalizowania kosztów przewozów, planowania i określania terminu dostaw.

BIBLIOGRAFIA

1. Caris A., Macharis C., Janssens G., Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects, Transportation Planning and Technology, Vol. 31, 2008.
2. Dittman P., Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie, Oficyna Ekonomiczne, Kraków 2004.
3. Neider J., *Transport Międzynarodowy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
4. Różowicz J., Jakowlewa I., Rozwój globalnych łańcuchów dostaw z uwzględnieniem przejść granicznych jako barier wpływających na ich efektywność, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, 97/2013, Warszawa 2013.
5. Różowicz J., Jakowlewa I., Analiza wpływu wydajności infrastruktury przejść granicznych na efektywność obsługi transportowej na przykładzie zewnętrznej granicy Unii Europejskiej, Autobusy – technika, eksploatacja, systemy transportowe, 3/2013.
6. Różowicz J., Jakowlewa I., Metoda oceny efektywności realizacji międzynarodowej usługi transportowej, Czasopismo Logistyka 3/2014.
7. Różowicz J., Jakowlewa I., Metoda planowania tras w transporcie międzynarodowym z uwzględnieniem granic państwowych, Czasopismo Logistyka 4/2014.
8. Różowicz J., Jakowlewa I., *Modelowanie międzynarodowej obsługi transportowej*, Czasopismo Logistyka 3/2014.
9. Serwis Służby Celnej: www.granica.gov.pl.

Method of planning of the international road transportation with the consideration of waiting time to cross the border

The article presents the problems of international transport planning. The impact of waiting time to cross the border on time and cost of transport is analyzed. The method of forecasting the waiting time to cross the border is presented. The author presents the method of planning international road transportation with the consideration of waiting time at border. Two optimization tasks are formulated and the results of the verification are presented.

Autor:

mgr inż. Irena Jakowlewa