

Waldemar Woźniak, Maciej Niedziela, Roman Stryjski

Uniwersytet Zielonogórski

Janusz Mielniczuk

Politechnika Poznańska

WYBRANE METODY WSPOMAGAJĄCE WZROST EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ ZLECEŃ TRANSPORTOWYCH POZYSKIWANYCH Z ELEKTRONICZNYCH GIEŁD TRANSPORTOWYCH

Rękopis dostarczono, maj 2019

Streszczenie: W artykule przedstawiono problem badawczy rozważany w kontekście analizy i doboru algorytmów optymalizujących stosowanych do rozwiązania zadań przydziału pojazdów do zleceń transportowych oraz pomiaru ich efektywności ekonomicznej. Do analizy wykorzystano dwa zestawione i porównywane ze sobą algorytmy optymalizacyjne. Pierwszy – algorytm węgierski, będący klasycznym algorytmem transportowym wykorzystywanym w większości systemów TMS (ang. *Transportation Management System*), drugi zaś, autorski, bazujący na metodach heurystycznych i zaimplementowany w wybranych firmach transportowych pod nazwą: algorytm poprawy.

Słowa kluczowe: zagadnienie przydziału, metoda heurystyczna, algorytm, efektywność ekonomiczna

1. WSTĘP

W ekonomii i praktyce gospodarczej, stosuje się wiele miar efektywności ekonomicznej zależnej od tego, co się przyjmuje jako efekt, a co jako nakład. Najczęściej wyrażają one stosunek uzyskanych efektów (produkcja, wartość dodana, dochód narodowy, zysk itp.) do poniesionych nakładów (zatrudnienia, majątku trwałego, inwestycji, zużytych surowców i materiałów, energii, paliwa itp.). Na tej podstawie można badać, analizować i wyciągać wnioski niezbędne do prowadzenia właściwej polityki gospodarczej oraz zarządzania przedsiębiorstwem. W teorii, efektywność ekonomiczna powinna zapewniać maksymalizowanie efektów przy danych nakładach i minimalizowanie nakładów przy danych efektach. Podstawowe relacje efektywnościowe to: wydajność pracy, produktywność majątku trwałego, efektywność inwestycji, gdzie oczekiwany jest ich wzrost oraz zmniejszanie materiałochłonności czy energochłonność produkcji i usług.

Pojęcie efektywności ekonomicznej w procesach transportowych jest bardzo ważnym czynnikiem zarządzania logistyką i łańcuchem dostaw w wymiarze pojedynczego przedsiębiorstwa jak i całego zrównoważonego rozwoju. W literaturze przedmiotu można znaleźć coraz więcej bardzo złożonych, różnicowanych i skomplikowanych metod badania efektywności ekonomicznej procesów transportowych, co dodatkowo utrudnia analizę tego zagadnienia. Trudności te związane są z niejednoznacznością oceny efektywności badanych procesów transportowych, a w szczególności na pomiar ponoszonych kosztów. Redukcja kosztów stanowi bardzo aktualny temat w kontekście krajowej i światowej gospodarki. Jednak warto się zastanowić, jak problem kosztów jest rozwiązywany w przedsiębiorstwach realizujących zlecenia transportowe w obszarze transportu drogowego. Mając na uwadze fakt, że podstawowym założeniem w transporcie powinien być wzrost efektywności ekonomicznej, a następnie utrzymanie go na ustalonym, akceptowalnym poziomie, trudno jest to odnieść do m.in. dynamiki zmian zleceń transportowych, nierównomierności popytowo – podażowej zleceń transportowych czy nierównomierności przewozu ładunków dla różnorodnych miejsc geograficznych. Wspieraniem dla tak zidentyfikowanych problemów są elektroniczne giełdy i platformy transportowe, których celem jest m.in. wzrost przychodów czy redukcja tzw. przejazdów „na pusto”, a przynajmniej częściowe pokrycie kosztów dojazdu do rozpoczęcia kolejnego zaplanowanego zlecenia transportowego. Jak sama nazwa wskazuje, ogólne pojęcie giełdy wiąże się z świadomą wymianą handlową zleceń transportowych pomiędzy usługodawcami a usługobiorcami. Jednak wartości tych usług (wystawianych na giełdzie kontraktów), nie przedstawiają rzeczywistych kosztów ich wykonania, chociażby z braku informacji o dojeździe do miejsca rozpoczęcia zlecenia transportowego, aktualnych kosztów jego pozyskania (zakupu na giełdzie transportowej) czy też niewidzialnych kosztów ekologii i problemu zrównoważonego rozwoju [1]. Stąd efektywność ekonomiczna w usługach towarowego transportu drogowego, może być oceniana przez pryzmat doboru metod umożliwiających szybkie podejmowanie decyzji w zakresie pozyskiwania zleceń transportowych z elektronicznych giełd (jednorazowych zleceń transportowych) i/lub platform transportowych (pozyskiwanie zleceń transportowych dla całego przekazanego taboru transportowego). Z kolei metody takie powinny dążyć do wyznaczenia najlepszych lub akceptowalnych (w ujęciu efektywności ekonomicznej) rozwiązań dla analizowanego przedsiębiorstwa transportowego.

2. IDENTYFIKACJA I ZŁOŻONOŚĆ PROCESU POZYSKIWANIA ZLECEŃ Z GIEŁD TRANSPORTOWYCH

Pozyskiwanie zleceń transportowych z giełd transportowych jest procesem złożonym i polega na umiejętności obserwacji oraz szybkiej wielokryterialnej analizie dążącej do ich zakupu. Wykonując takie działania dla pojedynczego środka transportowego, spedytor bez większego problemu może zakupić zlecenie optymalne względem jednego, a nawet kilku kryteriów. Inaczej praca spedytora przedstawia się, gdy musi on pozyskać kilka, a nawet

kilkanaście ofert transportowych do dostępnych środków transportowych w danej chwili, a następnie zoptymalizować wg przyjętego kryterium i przeprowadzić procedurę zakupu.

Mimo zróżnicowania czynności, jakie spedytor wykonuje na swoim stanowisku, kryterium oceny jego pracy przez właściciela przedsiębiorstwa transportowego sprowadza się do analizy efektywności ekonomicznej pozyskanego i wprowadzonego do planowania zlecenia zakupionego na giełdzie transportowej. Z kolei na efektywność ekonomiczną zlecenia zasadniczo wpływa pełny koszt jego wykonania, a w szczególności czas pracy spedytora (w ujęciu kosztów pośrednich) i dojazd do miejsca załadunku (w ujęciu kosztów bezpośrednich). W praktyce, rzadko się zdarza, aby bez uważnego śledzenia giełdy transportowej i wysyłania setek zapytań do oferentów, znaleźć zlecenie, w którym miejsce załadunku znajduje się w miejscu jego poprzedniego rozładunku w tym samym czasie.

Trudnym, wręcz niemożliwym jest również określenie jednolitych kosztów wykonania zlecenia przez konkurujące między sobą firmy i korzystające w danej chwili z usług giełdy transportowej. Stąd pojawia się istotna funkcja spedytora (w wielu przypadkach - właściciela małego przedsiębiorstwa transportowego), polegająca na umiejętności szybkiej oceny efektywności ekonomicznej zleceń transportowych, prezentowanych na giełdach transportowych i możliwych do realizacji z perspektywy danego przedsiębiorstwa transportowego. Dodatkowo, ocena ta wiąże się z analizą takich parametrów jak: m.in. region załadunku (uprzemysłowione regiony Europy dają gwarancję transportu większej ilości wolumenów, a to oznacza, że prawdopodobieństwo znalezienia kolejnych ładunków jest bardzo wysokie), długość trasy (im dłuższa trasa transportu ładunku tym większa jego cena i tym mniejsze obciążenia kosztami dojazdu), termin realizacji (krótki termin to w większości przypadków determinacja w zakresie zwiększania ceny ze strony zleceniodawcy), cena (umiejętność szacowania kosztów dojazdu do miejsca załadunku i kosztów przejazdu do miejsca rozładunku, która wspomaga kalkulację realizacji zlecenia) itp. W praktyce, doświadczenie spedytora odnosi się w dużej mierze do umiejętności szybkiej geolokalizacji dostępnych zasobów transportowych na mapie i szacowaniu kosztów realizacji zleceń transportowych, wystawianych lub obserwowanych na giełdach transportowych.

3. METODY WSPOMAGAJĄCE SZYBKIE PODEJMOWANIE DECYZJI POZYSKIWANIA ZLECEŃ TRANSPORTOWYCH Z ELEKTRONICZNYCH GIEŁD TRANSPORTOWYCH

Istotnym czynnikiem wpływającym na podejmowanie właściwych decyzji w zakresie efektywności ekonomicznej pozyskiwanych zleceń transportowych są rezultaty analiz (wspomaganych obliczeniami komputerowymi), realizowanych na bazie przyjętych modeli, wynikających z przeprowadzonych obserwacji sytuacji na rynku transportowym. Nieustanny rozwój metod programowania oraz technologii komputerowej warunkuje wzrost potencjału obliczeniowego, co niesie ze sobą zwiększenie możliwości zastosowania komputerowego wspomaganie podejmowania decyzji.

Zarówno metody planowania konkretnych tras transportowych, jak również podejmowania decyzji w zakresie pozyskiwania zleceń transportowych z elektronicznych giełd transportowych, koncentrują się na rozwiązywaniu zagadnienia transportowego (używane zamiennie zadania transportowego), gdzie kluczowym jest zgłębienie zagadnienia przydziału oraz problemu komiwojażera. W tym zakresie można wyróżnić metody klasyczne oraz nowoczesne. Metody klasyczne, będące zarazem metodami dokładnymi umożliwiają obliczanie optimum funkcji różniczkowych i ciągłych. Ograniczone w praktyce zastosowanie tych metod analitycznych, wynika z ich komplikacji, występujących podczas rozwiązywania równań nie-różniczkowych lub nieliniowych. Klasyczne metody planowania wykorzystywane są m.in. do zadań z wieloma zmiennymi lub jedną funkcją, z ograniczeniami i bez ograniczeń. Wśród klasycznych metod planowania może wyróżnić algorytmy: Dijkstry, Simpleks, Węgierski czy Little'a. Druga grupa metod, określanych mianem nowoczesne lub przybliżone, wykorzystuje algorytmy heurystyczne, które poszukują najlepszego rozwiązania w zbiorze rozwiązań dostępnych, ale nie dają gwarancji znalezienia rozwiązania optymalnego. Zatem ogólne zastosowanie algorytmów heurystycznych ma za zadanie poprawić efektywność rozwiązywania złożonych problemów. Ta grupa metod wykorzystuje m.in. algorytmy genetyczne, mrówkowe czy sieci neuronowe.

W niniejszej publikacji zaprezentowano i porównano dwie metody wspomagane odpowiednio algorytmem węgierskim i autorskim algorytmem „poprawy”. Celem porównania było określenie efektywności ekonomicznej w funkcji czasu, przydziału zleceń transportowych pozyskiwanych z elektronicznych giełd transportowych do dostępnych zasobów. Efektywność ekonomiczna była mierzona za pośrednictwem kosztów wykonania zlecenia transportowego i oczekiwano ich minimalizacji przy założeniu pełnego pokrycia (przydziału) wszystkich dostępnych zasobów (środków transportowych), zleceniami transportowymi pozyskiwanymi z dostępnych giełd.

Dodatkowo porównano oba algorytmy z uwagi na jakość wyniku (tj. uzyskania wyniku optymalnego), mimo, że w przypadku algorytmu „poprawy” oczekiwano wyłącznie rozwiązania akceptowalnego. Algorytm węgierski oraz „poprawy” był już porównywany w artykułach [2], [3], [4] w ujęciu złożoności czasowej i wówczas dużo większą sprawność i czas uzyskania wyniku wykazywał algorytm „poprawy”.

3.1. ALGORYTM WĘGIERSKI I JEGO ZASTOSOWANIE DO ROZWIĄZYWANIA ZAGADNIENIA TRANSPORTOWEGO

Jednym z najbardziej powszechnych algorytmów stosowanych do planowania tras i rozwiązywania zagadnienia przydziału jest algorytm węgierski (inaczej: metoda węgierska). Umożliwia przydzielenie n zadań transportowych do n środków transportowych [5], [6]. Na podstawie tego tworzona jest macierz o wymiarach $n \times n$, w której dla środka transportowego przypisuje się np. koszt, czas lub inny parametr charakterystyczny w trakcie realizacji danego zadania transportowego. W metodzie węgierskiej można wyróżnić trzy kroki postępowania.

Krok I polega na dążeniu do uzyskania zera w każdej kolumnie i wierszu macierzy. Od każdego wiersza odejmowana jest najmniejsza, znaleziona w macierzy wartość przypisywanego (analizowanego) parametru, jeżeli te działania nie przyniosą oczekiwanego rezultatu następuje analogiczne odejmowanie, ale tym razem względem kolumn.

Krok II polega na skreśleniu (najmniejszą możliwą liczbę linii) wszystkich kolumn i wierszy, w których zawarte są elementy zerowe. W przypadku jeżeli liczba linii niezbędnych do skreślenia wszystkich zer jest równa wymiarowi macierzy otrzymany wynik jest optymalny i następuje przypisanie zadań transportowych do środków transportowych.

Etap III. Jeżeli liczba linii jest mniejsza niż wymiar macierzy, następuje wyznaczenie minimum wśród nieskreślonych elementów. Minimum to odejmuje się od pozostałych nieskreślonych elementów oraz dodaje do elementów leżących na przecięciach linii. Elementy, które zostały skreślone wyłącznie jedną linią pozostają niezmienione. Następuje powrót do etapu drugiego [6], [7]. W powyższej metodzie może zajść sytuacja, w której niemożliwe jest w sposób jednoznaczny wskazanie optymalnego rozwiązania. W takim przypadku wyboru należy dokonać intuicyjnie.

W ujęciu matematycznym, opisywany algorytm rozwiązuje problem optymalnego przydziału lub optymalnego pokrycia zbiorów (ang. *set covering problem*) [6]. W realizacji zleceń transportowych, wykorzystanie powyższego algorytmu służy do minimalizacji wybranych parametrów, do których należą mi.in. koszt zlecenia transportowego, dojazd „na pusto” do miejsca załadowania, czas wykonania zlecenia transportowego i inne. Problematyka branży transportowej powoduje, że zagadnienie optymalnego przydziału jest dużo bardziej skomplikowane i prowadzi do tworzenia i analizy znacznie bardziej złożonych modeli matematycznych, szczególnie kiedy rozważa się dynamikę zmian zleceń transportowych na giełdzie transportowej. Wówczas złożoność zagadnienia, a szczególnie zmieniające się i często trudne do zdefiniowania ograniczenia, stwarzają problem wielowymiarowości relacji: zlecenie – kierowca – pojazd w funkcji czasu [7], [8], [9], [10], [11]. Algorytm węgierski jest w stanie rozwiązywać bardzo złożone zadania, jest kompletny, jednak czas oczekiwania na wynik ogranicza jego sprawność.

3.2. ALGORYTM „POPRAWY” I JEGO ZASTOSOWANIE DO ROZWIĄZYWANIA ZAGADNIENIA TRANSPORTOWEGO

Idea algorytmu „poprawy”, polega na wyznaczeniu najlepszego wyniku początkowego, określanego mianem rozwiązanie bazowe. W kolejnych krokach (podobnie jak w algorytmie przeszukiwania w głąb) oczekuje się poprawienie rozwiązania bazowego. Algorytm kończy działanie z chwilą, kiedy w kolejnym kroku wynik nie zostanie poprawiony. Poniżej przedstawiono model matematyczny działania algorytmu „poprawy”

Model matematyczny algorytmu „poprawy”:

Algorytm A: Wyznaczenie wstępnego rozwiązania bazowego

Krok 1: Na podstawie macierzy kosztów $C=[C_{ij}]$,
określić zbiór indeksów zleceń $J=\{1,2,\dots,n\}$.

Krok 2: Dla każdego pojazdu P_i , $i=1,2,\dots,m$ wykonać
(a) Dla pojazdu P_i przypisać zlecenie Z_k dla którego koszt transportu wynosi

$$C_{ik} = \min_{j \in J} C_{ij} \quad (1)$$

$$(b) \quad J=J \setminus \{k\} \quad (2)$$

Krok 3: Wyznaczyć koszt transportu K_b dla rozwiązania bazowego

Algorytm B: Wyszukanie minimalnego rozwiązania bazowego

Krok 1: Znaleźć wstępne rozwiązanie bazowe z kosztem transportu K_b

- Krok 2: Jeśli dla pojazdu P_i istnieje zlecenie Z_l o mniejszym koszcie niż w rozwiązaniu bazowym, wykonać:
- Przypisać dla pojazdu P_i zlecenie Z_l , dobierając jednocześnie zlecenie o możliwie najmniejszym koszcie dla pojazdu, które w rozwiązaniu bazowym ma przypisane zlecenie Z_l
 - Wyznaczyć koszt transportu K_l
 - Jeśli $K_l < K_b$ otrzymane rozwiązanie ustalić jako rozwiązanie bazowe z kosztem transportu $K_b = K_l$ i wrócić do kroku 2.

Opracowany model matematyczny algorytmu „poprawy” został szerzej pisany i poparty przykładem w kolejnym rozdziale.

4. PORÓWNANIE ALGORYTMÓW WĘGIERSKIEGO ORAZ „POPRAWY” W ASPEKTCIE EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ – STUDIUM PRZYPADKU

Porównanie algorytmu „poprawy” z algorytmem węgierskim w aspekcie analizy efektywności ekonomicznej pozyskiwanych zleceń z elektronicznych giełd transportowych zaprezentowano na podstawie poniższego studium przypadku. Rozpatrywany przykład bazuje na sytuacji odzwierciedlającej pracę spedytora, który przeszukuje giełdy transportowe i analizuje zlecenia transportowe, które w ujęciu efektywności ekonomicznej będą akceptowalne do realizacji w obsługiwanym przedsiębiorstwie transportowym. Z uwagi na problem doboru zleceń do dostępnych środków transportowych przyjęto zasadę, że jest ich nadmiarowa ilość w stosunku do pojazdów. Stąd też nie wszystkie zlecenia w efekcie końcowym zostaną przypisane do pojazdów. Oczekuje się, że podjęcie decyzji o wyborze zleceń, będzie poparte obliczeniami matematycznymi, wyznaczającymi rozwiązanie optymalne lub akceptowalne z uwagi na ich krótki czas dostępności na giełdzie. W badanym przypadku, bazującym na tych samych danych, ograniczono się do wyznaczenia rozwiązania za pośrednictwem algorytmu „poprawy” z uwagi na jego prezentację i zrozumienie. W przypadku algorytmu węgierskiego ograniczono się do podania wyłącznie powiązania zleceń ze środkami transportowymi oraz wyniku optymalnych kosztów w jednostkach umownych (dalej określanym mianem j.u.).

Algorytm poprawy zaprezentowano w następujący sposób (zgodnie z wcześniej opisanym modelem matematycznym):

- Zbudowano macierz powiązań, w której numer kolumny oznacza zlecenie możliwe do pozyskania z giełdy, a numer wiersza dostępny środek transportowy do jego realizacji, zaś wartości komórek prezentują koszty realizacji zleceń przez pojazdy (prezentowane w jednostkach umownych – j.u.) . Macierz jest trój-wymiarowa, ponieważ w każdej komórce dodatkowo ustawiono priorytet (najniższa cyfra w nawiasie oznacza najwyższy priorytet lub największa efektywność ekonomiczna) najniższego kosztu realizacji zlecenia przez pojazd (tabela 1).

Tab. 1

Macierz kosztów zleceń możliwych do realizacji przez dostępne środki transportowe - przykład

Zlecenia/ Pojazdy	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
P1	100 (2)	150 (2)	50 (1)	300 (2)	250 (2)
P2	50 (1)	200 (3)	100 (2)	250 (3)	250 (3)
P3	200 (3)	120 (1)	150 (3)	200 (1)	200 (1)
P4	250 (4)	300 (4)	200 (4)	400 (4)	500 (4)

2. Następnie sprawdzono czy do każdego pojazdu przypisano zlecenie pierwsze (najlepsze) w posortowanej macierzy (tabela 2)

Tab. 2

Macierz kosztów zleceń posortowana wg priorytetów do dostępnych środków transportowych - przykład

Pojazdy/ Priorytet	P1	P2	P3	P4
(1)	Z3 50	Z1 50	Z2 120	Z3 200
(2)	Z1 100	Z3 100	Z3 150	Z1 250
(3)	Z2 150	Z2 200	Z1 200	Z2 300
(4)	Z5 250	Z4 250	Z4 200	Z4 400
(5)	Z4 300	Z5 200	Z5 200	Z5 500

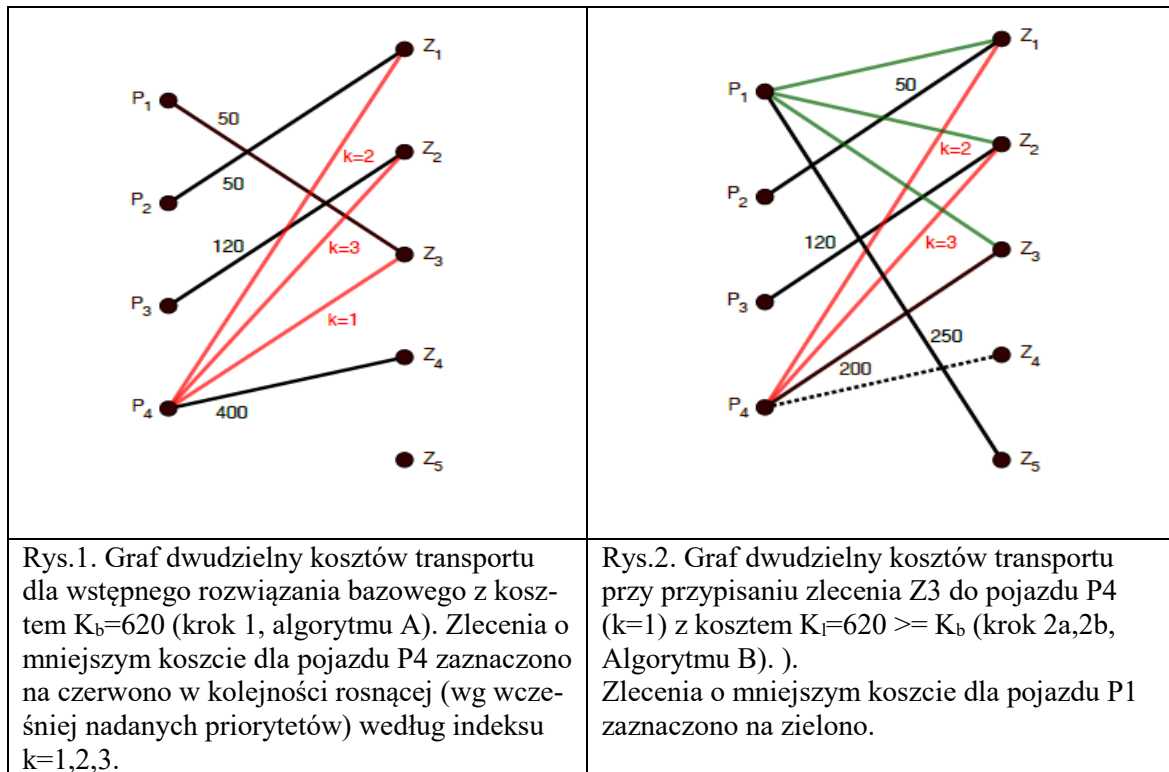
3. W kolejnym kroku wyznaczono rozwiązanie bazowe (tabela 3), tzn. począwszy od pierwszego do ostatniego pojazdu przypisywano zlecenie pierwsze (najlepsze) z posortowanej macierzy, które nie zostało wybrane wcześniej (czyli wybrane przez inny pojazd). Tymi samymi kolorami zaznaczono konflikt priorytetów w przydzielaniu zleceń do pojazdów, a kolorem żółtym wskazano na jedyna możliwe w tej konfiguracji rozwiązania przydzielenia zlecenia do pojazdu P4. Zatem ten przydział jest traktowany jako rozwiązanie bazowe.

Tab. 3

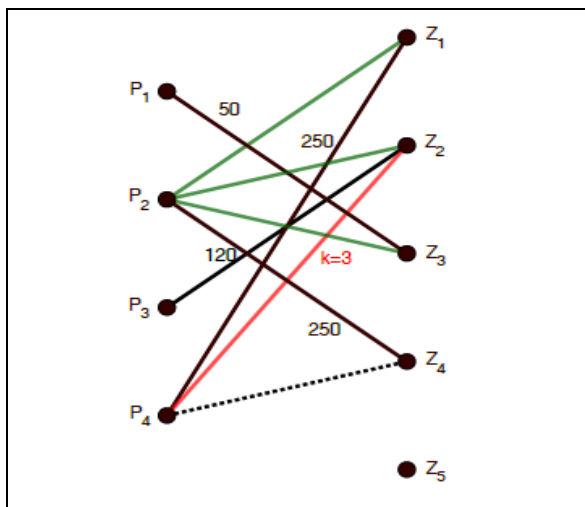
Macierz kosztów posortowanych i przydzielonych zleceń do dostępnych środków transportowych

P1	P2	P3	P4
Z3 50 (1)	Z1 50 (1)	Z2 120 (1)	Z4 400 (4)
Z1 100 (2)	Z3 100 (2)	Z3 150 (2)	Z3 200 (1)
Z2 150 (3)	Z2 200 (3)	Z1 200 (3)	Z1 250 (2)
Z5 250 (4)	Z4 250 (4)	Z4 200 (4)	Z2 300 (3)
Z4 300 (5)	Z5 200 (5)	Z5 200 (5)	Z5 500 (5)

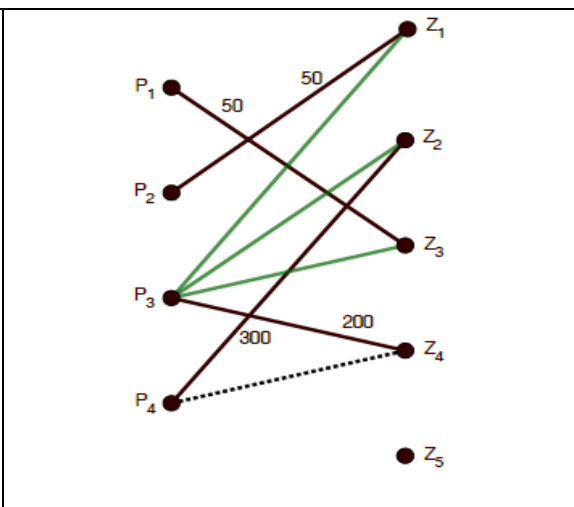
4. W kolejnym kroku sprawdzono, który pojazd zajął najlepsze zlecenie, a następnie sprawdzono czy po zamianie zleceń zostanie uzyskany lepszy wynik niż dotychczas. Jeśli nastąpi poprawa to zlecenia zostają. Jeśli nie, następuje sprawdzenie kolejnego zlecenia, które jest przed danym zleceniem w macierzy. Jeśli nastąpiła choć jedna zamiana pętla zaczyna działanie od początku.



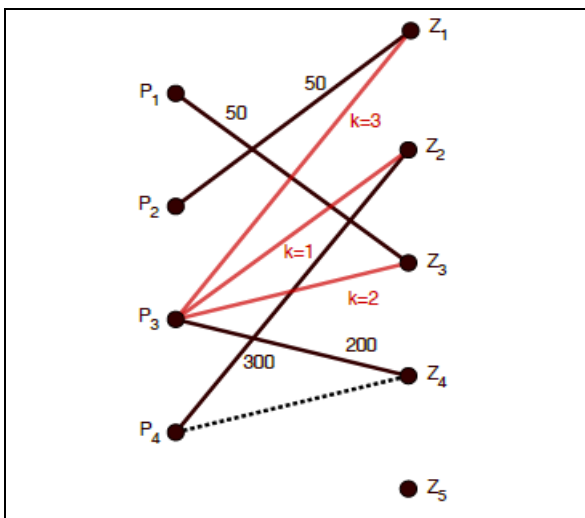
Cały proces został zaprezentowany za pomocą grafów dwudzielnych. Na rysunku 1 wyznaczono rozwiązanie bazowe, dla którego efektywność ekonomiczna wynosi 620 j.u. (suma: $P1Z3, P2Z1, P3Z3, P4Z4$). Zawarta na rysunkach symbolika oraz podpisy są zgodne z zaprezentowanym wcześniej modelem matematycznym. Z kolei koszt bazowy oraz koszt transportu wyznaczono na podstawie danych z tabeli 1 w przyjętych jednostkach umownych (j.u.).



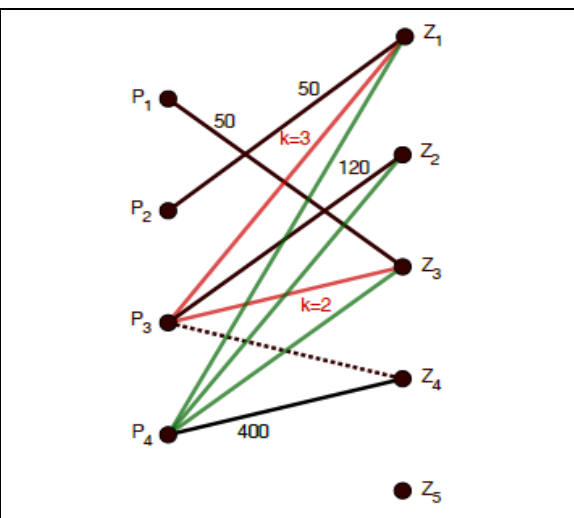
Rys.3. Graf dwudzielny kosztów transportu przy przypisaniu zlecenia Z1 do pojazdu P4 ($k=2$) z kosztem $K_i=670 \geq K_b$ (krok 2a,2b, algorytmu B).). Zlecenia o mniejszym koszcie dla pojazdu P2 zaznaczono na zielono.



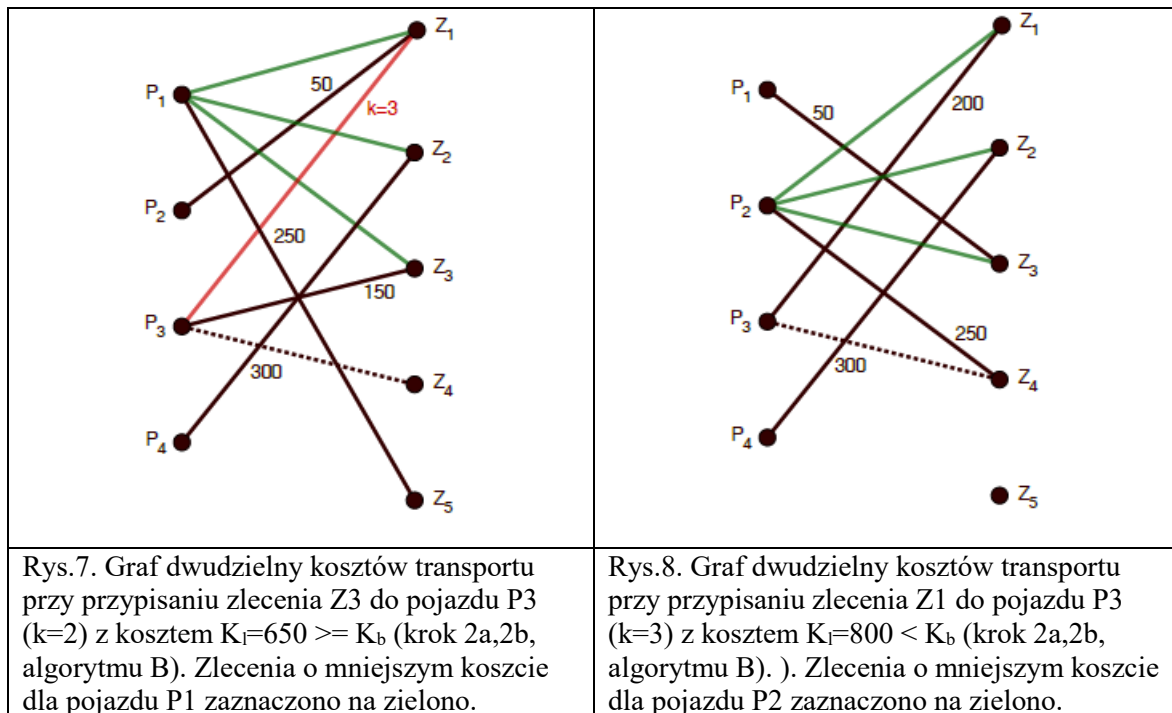
Rys.4. Graf dwudzielny kosztów transportu przy przypisaniu zlecenia Z2 do pojazdu P4 ($k=3$) z kosztem $K_i=600 < K_b$ (krok 2a,2b, algorytmu B).). Zlecenia o mniejszym koszcie dla pojazdu P3 zaznaczono na zielono.



Rys.5. Graf dwudzielny kosztów transportu dla nowego rozwiązania bazowego z kosztem $K_b=600$ (krok 2c, algorytmu B). Zlecenia o mniejszym koszcie dla pojazdu P3 zaznaczono na czerwono w kolejności rosnącej według indeksu $k=1,2,3$.



Rys.6. Graf dwudzielny kosztów transportu przy przypisaniu zlecenia Z2 do pojazdu P3 ($k=1$) z kosztem $K_i=620 \geq K_b$ (krok 2a,2b, algorytmu B).). Zlecenia o mniejszym koszcie dla pojazdu P4 zaznaczono na zielono.



Jak widać z obliczeń przedstawionych za pośrednictwem grafów dwudzielnych, wynik bazowy na początku przydziału zleceń do pojazdów wyniósł 620 j.u. (P1Z3, P2Z1, P3Z2, P4Z4). Poprawiając wynik opisywaną powyżej metodą, uzyskano w konsekwencji efektywność ekonomiczną na poziomie 600 j.u. (P1Z3, P2Z1, P3Z4, P4Z2). Dla pojazdów P1 i P2 zlecenia przypisane w pierwszym kroku pozostały bez zmian. Zmienił się tylko przydział zleceń dla pojazdów P3 i P4. Z kolei wykorzystując algorytm węgierski, reprezentujący dokładną metodę optymalizacyjną otrzymano również wynik 600 j.u, ale w innym układzie przydziału: P1Z2, P2Z1, P3Z5, P4Z3.

5. PODSUMOWANIE

Algorytm węgierski w większości przypadków rozwiązuje zagadnienie transportowe i zwraca optymalny wynik w ujęciu efektywności ekonomicznej przyjętych do analizy zleceń transportowych. Jednak, jak wskazały wcześniejsze i aktualne badania czas uzyskiwania wyniku z uwagi na konstrukcję samego algorytmu wzrasta w sposób wielomianowy. To z kolei ogranicza możliwość obliczania i podejmowania decyzji pozyskiwania zleceń transportowych z elektronicznych giełd transportowych. W przypadku rozwiązywania zagadnienia transportowego, którego celem jest zwiększania lub utrzymywanie na stałym poziomie efektywności ekonomicznej przy dynamicznie zmieniających się ofertach zleceń transportowych, jego niekompletność może prowadzić do zapętlenia się. Wówczas, nawet przy bardzo prostych macierzach, algorytm nie będzie w stanie przyporządkować danych i zostanie przerwany, nie zwracając zupełnie żadnego wyniku.

W przypadku algorytmu „poprawy”, obliczenia efektywności ekonomicznej analizowanych zleceń transportowych na elektronicznych giełdach transportowych, silnie zależą od rozwiązania początkowego. Im lepsze rozwiązanie otrzymamy na początku, tym szybciej algorytm zakończy działanie. Z uwagi na wykorzystanie metod heurystycznych, algorytm „poprawy” nie gwarantuje znalezienia optymalnego rozwiązania i mocno zależy od doświadczenia spedytora. Jednak w przypadku pozyskiwania i analizy znacznej ilości zleceń transportowych, algorytm „poprawy” może być bardzo dobrym narzędziem do podejmowania decyzji i wyliczania efektywności ekonomicznej obserwowanych zleceń na giełdzie transportowej lub weryfikacji decyzji podejmowanych przez spedytora

Bibliografia

1. Ambroziak T., Jacyna M., Jacyna-Gołda I., Jachimowski R., Merkisz-Guranowska A., Pyza D., Żak J.: O pewnym podejściu do modelowania systemu transportowego w aspekcie zrównoważonego rozwoju, „Logistyka” 2014, nr 4, s. 1617 – 1624.
2. Woźniak W., Wojnarowski T.: A Method for the rapid Selection of profitable Transport Offers within the Freight Exchange Market, 25th IBIMA Conference. Amsterdam 2015. p. 2073 – 2085
3. Woźniak W., Stryjski R., Mielniczuk J., Wojnarowski T.: Koncepcja usprawnienia wybranych algorytmów rozwiązujących zagadnienia transportowe, w: Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport (z.111) 2016, s.599-610.
4. Woźniak W., Wojnarowski T.: Koncepcja przydziału zleceń transportowych z giełd transportowych, w: Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 2017.
5. Kozieł G.: Algorytmy wyznaczania optymalnej trasy przejazdu, w: Logistyka nr 3/2014, s. 3206-3212.
6. Józefowska J.: Modele i narzędzia optymalizacji w systemach informatycznych zarządzania, skrypt Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
7. Jacyna M.: Wybrane metody i narzędzia optymalizacji i oceny systemów transportowych i logistycznych, w: Kształtowanie systemów w wybranych obszarach transportu i logistyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014, s. 36-65.
8. Trojanowski P.: Analiza użyteczności algorytmów do wyznaczania tras w transporcie drogowym ładunków wrażliwych, w: Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2015, z. 108, s. 123-137.
9. Kisielewski P.: Optymalizacja przydziału zadań transportowych, w: Problemy Eksploatacji, T: nr 2, 2007, s. 55-63.
10. Jacyna, M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
11. Pisz I., Łapuńka I.: Wykorzystanie elektronicznych giełd transportowych w działalności e-biznesowej przedsiębiorstw z branży TSL zorientowanych projektowo, w: Przedsiębiorczość i Zarządzanie, pod redakcją Patora R., Morawski P., Wydawnictwo SAN, Warszawa, 2016, Tom XVII, Zeszyt 11, Część I, s. 247-261.

SELECTED METHODS FOR THE IMPROVEMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY FOR OBTAINING ORDERS FROM ELECTRONIC TRANSPORT EXCHANGES

Summary: The article presents the research problem was considered in the context of the analysis and selection of the optimisation algorithms used, in order to solve the task of assigning vehicles to transport orders and also in the context of their economic efficiency. Two optimisation algorithms were compared and used for the present analysis. The first is the Hungarian Algorithm, which is a classic transport algorithm used in most TMS systems, that is, *Transportation Management Systems*. The second was developed proprietary, based on heuristic methods and implemented in selected transport companies under the name: improvement algorithm.

Keywords: issue of assignment, heuristic method, algorithm, economic efficiency

