

Marcin KUCZORA
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

WYKORZYSTANIE ALGORYTMU AUKCYJNEGO WOBEC ROZPROSZONEGO SYSTEMU DYSTRYBUCYJNEGO

Streszczenie. W sieci transportowej o strukturze regularnej pomiędzy węzłami dystrybucyjnymi transportowane są przesyłki. Informacja o ich miejscu przeznaczenia jest przechowywana w rozproszonej bazie danych. W trakcie procesu dane są grupowane i konsolidowane w wybranych punktach centralnych w celu optymalnego zarządzania strumieniem przesyłek. Dane o aktywnych oraz gotowych do użycia środkach transportu oraz przesyłkach w trakcie przewozu są przechowywane w specjalnej bazie danych. Jako intuicyjne źródło potencjalnego rozwiązania, do zarządzania środkami transportu w rozproszonym systemie dystrybucyjnym zaproponowano algorytm aukcyjny.

Słowa kluczowe: badania operacyjne, problemy transportowe, dynamiczne planowanie przewozów, algorytmy aukcyjne, liniowy problem przydziału.

AUCTION ALGORITHM APPLICATION IN A DISTRIBUTED SYSTEM OF DISTRIBUTION

Summary. In a transport net, which has a regular structure, parcels are transported between distribution nodes. Information about their destination is stored in distributed database. During a process data is grouped and consolidated in the chosen central points for parcels stream management purposes. Data about active and ready to use transport means is stored in a special database. As an intuitive source of potential solution, which task is to provide an optimized management of transport means in the distributed system of distribution, the auction algorithm has been suggested.

Keywords: transportation, Multi-Trip Vehicle Routing Problem (MTVRP), dynamic vehicle scheduling, transportations systems, auction algorithms, Linear Assignment Problem (LAP).

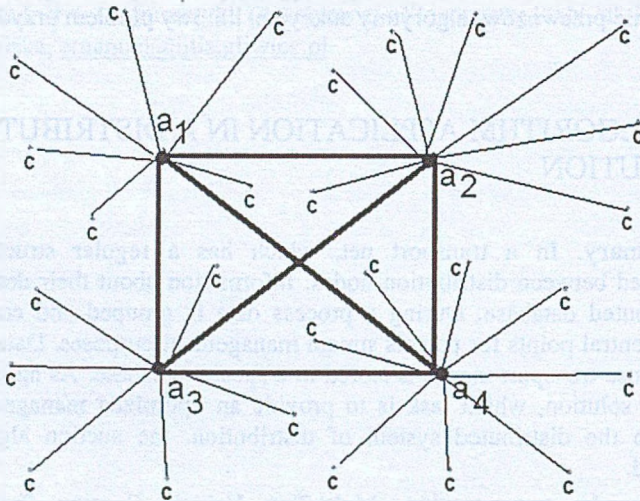
1. Podstawy działania systemu

Teoretycznie rozproszony system dystrybucyjny może działać bez rozległej sieci komputerowej. Jednak zastosowanie dowolnego algorytmu optymalizacyjnego do zarządzania przepływami w sieci transportowej wymaga posiadania medium przesyłającego informacje pomiędzy poszczególnymi jednostkami organizacyjnymi (węzłami), oraz mechanizmu zarządzania rozproszoną bazą danych. Stąd potrzeba posiadania sieci rozległej odpowiadającej strukturze sieci transportowej.

1.1. Budowa sieci

Rozważmy sieć transportową składającą się z N węzłów, przy czym $N = N_A + N_C$, gdzie N_A to liczba węzłów klasy A, N_C to liczba węzłów klasy C. Każdy węzeł klasy A ma przypisaną do siebie określoną liczbę węzłów podrzędnych klasy C.

Oznaczmy przez a_i , c_j odpowiednio węzły klasy A i C. W reprezentacji grafowej, węzeł a_i ma tyle dwukierunkowych wektorów w grafie, z iloma c_j ma połączeń (istnieją trasy $a_i \rightarrow c_j$ oraz $c_j \rightarrow a_i$, dla $i=1..N_A$, oraz dla $j=1..N_C$), dodatkowo ma także dwukierunkowe połączenie z każdym innym węzłem klasy A występującym w strukturze. Z kolei każdy węzeł klasy C ma połączenie tylko z jednym nadrzędnym węzłem klasy A, jak przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Przykład sieci dla czterech węzłów klasy A
Fig. 1. Example of net for four nodes of A class

Zadaniem systemu jest w przeciągu jednego cyklu (24 h) za pomocą dostępnych zasobów transportowych przesłać przesyłki zbierane w węzłach c_i ($i=1..NC$) do węzłów odbiorczych c_j ($j=1..n$), poprzez węzły a_i i a_k , przy czym przesyłka musi przejść przez co najmniej jeden węzeł klasy A, czyli a_i i a_k , mogą być tożsame. W systemie istnieją zatem trasy $c_i a_p$, $a_p a_w$, $a_k c_j$, po których transportowane są przesyłki zgodnie z ustaloną, zbliżoną do optymalnej drogą przesyłki [1] oraz ustalonym rozkładem jazdy transportów. W węzłach klasy A odbywa się przeładunek połączony z sortowaniem przesyłek. Pierwszy węzeł, przez który przechodzi przesyłka, oznaczamy a_p , a drugi przez a_w .

1.2. Dane rozproszone

Baza danych w każdym z węzłów klasy C zawiera informacje o wszystkich zbieranych przesyłkach. Są one identyfikowane po numerze, dodatkowe przechowywane dane to numer węzła odbiorczego oraz identyfikator transportu, na który przesyłki zostały załadowane, będący kluczem obcym w tabeli PRZESYŁKI_Cx. Dany węzeł c_i w jednym cyklu może wysyłać kilka transportów, dlatego ważna jest informacja, na którym transporcie znajdują się przesyłki. Każdy węzeł c_i przesyła zebrane dane o nadawanych przesyłkach do nadrzędnego węzła klasy A, w którym następuje scalanie, a w dalszej kolejności grupowanie wstępne i ostateczne danych, które odzwierciedlają sposób załadunku transportów.

W każdym węzle klasy A istnieje tablica TRANSPORTY_Ax, zawierająca następujące informacje: unikalny identyfikator transportu, stały koszt uruchomienia, koszt zmienny (zależny od przebytej liczby kilometrów w cyklu), aktualny koszt wykorzystania w cyklu, miejsce postoju lub aktualna trasa [1,2]. Tablica w danym węzle a_p zawiera identyfikatory tych transportów, które są dostępne w węzle nadrzędnym, oraz wszystkich podrzędnych.

1.3. Podejście dynamiczne

Zastosowania podejścia dynamicznego jest możliwe, o ile w cyklu działania systemu istnieje taki moment T , w którym można zmienić plan wykorzystania środków transportów, na podstawie decyzji już podjętych, które nie mogą ulec zmianie, oraz przewidywanego stanu systemu w chwili ($T + t$). Kluczowym założeniem jest znajomość czasów przejazdu w okresie ($T + t$) z całkowitą pewnością [3].

Głównym zadaniem węzłów klasy A jest przesortowanie przesyłek z transportów przyjeżdżających oraz ich załadunek na odpowiednie środki transportu. Jak pokazano w [2], za pomocą podejścia dynamicznego do procesu planowania przewozów można zaplanować przydział środków transportowych w pierwszej fazie procesu, czyli przesortowaniu przesyłek w węzłach a_p .

Zakładamy realizację wszystkich zadań transportowych zgodnie z rozkładem jazdy. Po zakończeniu pierwszej fazy procesu, biorąc pod uwagę aktualny stan systemu odwzorowany w przetworzonej bazie danych (sposób uzyskania danych jest opisany w rozdz. 2), możemy dokonać niezbędnych korekt w założeniach odnośnie do stanu systemu.

Przedmiotem naszego zainteresowania jest kolejna faza procesu, dla której duże znaczenie mają dane zebrane w pierwszej fazie, tzn. od wysyłki danych o przesyłkach z węzłów c_i do zakończenia załadunku w węzłach a_p . Podejście dynamiczne jest pomocne tak przy tworzeniu wstępnego scenariusza przydziału transportów do zadań, jak i przy łączeniu i grupowaniu danych rozproszonych (wykorzystanie klucza obcego odpowiadającego poszczególnym transportom).

W omawianym problemie rozważany jest stan systemu po zakończeniu sortowania w węzłach klasy A. Znając całkowitą ilość przesyłek przypadających („zaadresowanych”) na każdy z węzłów podrzędnych klasy C (informacja jest zbierana w trakcie sortowania), możemy łatwo określić, ile transportów będzie musiało być wysłanych do węzłów podrzędnych. Algorytm aukcyjny w kolejnym podrozdziale będzie miał za zadanie znalezienie optymalnego przyporządkowania posiadanych zasobów transportowych.

1.4. Algorytm aukcyjny

Algorytm aukcyjny jest propozycją intuicyjnego rozwiązania problemu klasy *Vehicle Routing and Scheduling Problem* dla ustalonej struktury sieci. Wybór algorytmu został podyktowany jego prostotą, tak na etapie implementacji, jak i zrozumienia działania. Jego prezentacja jest okazją do pokazania, w jaki sposób można zarządzać rozproszonym systemem czasu rzeczywistego sterującym taborem transportowym przy wykorzystaniu właściwości rozproszonej bazy danych.

Liniowy problem przydziału (LAP, z ang. *linear assignment problem*) znajduje jednoznaczne przypisanie osób do równej liczby przedmiotów, tak aby zminimalizować całkowite koszty, gdzie kosztem jest przypisanie osoby do obiektu. Założmy, że mamy do czynienia z problemem maksymalizacji i zastąpmy koszt przypisania osoby do obiektu przez zysk zdefiniowany jako odwrotność kosztu. Algorytmy aukcyjne istnieją w trzech formach: do przodu, do tyłu (wstecz) oraz łączącej algorytmy do przodu i do tyłu w jedną całość. Każdy obiekt ma cenę, a każda osoba zysk. W aukcji do przodu (z ang. *forward*) osoba jest przypisywana do przedmiotu o najwyższej wartości. Wartość jest zdefiniowana jako zysk z przypisania przedmiotu do osoby po odjęciu ceny przedmiotu [2].

Praktyczna wydajność algorytmu jest bardzo wysoka. Wyniki obliczeniowe (zobacz [5]) wskazują, że algorytm aukcyjny dla liniowego problemu przydziału (LAP) jest znacząco szybszy niż np. sekwencyjny algorytm poszukiwania najkrótszych ścieżek. Implementacja algorytmu dla omawianego problemu zostanie przedstawiona w rozdz. 3.3.

2. Synteza i dekompozycja danych

Wstępnym celem przetwarzania danych jest określenie ilości transportów na poszczególne kierunki. Realizacja tej części syntezy danych polega na scaleniu horyzontalnym wierszy przesłanych z węzłów podrzędnych c_i do węzła nadrzędnego z każdym węzłem a_p w jedną strukturę danych i pogrupowaniu danych względem węzła odbiorczego. Przy kalkulacji liczby transportów do węzłów nadrzędnych a_w bierze się pod uwagę liczbę przesyłek skierowanych do węzłów c_j podrzędnych względem węzłów a_w , z którymi ma połączenie węzeł, dla którego wykonywana jest analiza danych. Przyjmuje się stałą wielkość przesyłek, a więc także stałą maksymalną pojemność transportów tak pomiędzy węzłami klasy A, jak i węzłami klas A i C.

Wstępne przyporządkowanie transportów opracowane na podstawie symulacji opartej na dynamicznym podejściu (por. [2]) jest weryfikowane podczas rzeczywistego sortowania i przeładunku przesyłek w każdym z węzłów a_p . Przy grupowaniu danych, jako element pomocniczy wykorzystuje się klucz obcy przesyłki przenoszący informację o transporcie, na którym była załadowana. Warto zauważyć, że zastosowane tu dynamiczne podejście, korygowane przez dane rzeczywiste, pozwala na odwzorowanie rzeczywistego stanu sieci transportowej po zakończeniu pierwszej fazy, nawet jeśli w jej trakcie wystąpiły opóźnienia.

Dane pogrupowane względem węzłów odbiorczych c_j , uzupełnione o identyfikatory transportów, na które zostały załadowane, przesyłane są do węzłów nadrzędnych a_w w celu kalkulacji ilości transportów potrzebnych do wysyłki wszystkich przesyłek na trasach $a_w c_j$.

Następnie w każdym węzle a_w dokonywana jest symulacja rozładunku, która na podstawie posiadanych danych pozwala określić dane o transportach potrzebnych do przewozu wszystkich przesyłek do węzłów odbiorczych podrzędnych c_j , wraz z warunkami dodatkowymi, m.in. o której godzinie będą potrzebne kolejne transporty do załadunku na trasy $a_w c_j$.

3. Decyzje na podstawie danych rozproszonych

3.1. Posiadane dane

Informacje, które są potrzebne do zastosowania algorytmu aukcyjnego wobec przedstawionego problemu, to:

- tablica czasów przybycia poszczególnych transportów do węzłów a_w ,
- tablica określająca czas, kiedy potrzebne do postawienia na załadunek będą transporty na poszczególne kierunki $a_w c_j$,

- dane w tablicach TRANSPORTY_Ax każdego z węzłów nadrzędnych, dotyczące transportów w ruchu, transportów już wykorzystanych na trasach $c_i a_p$ oraz możliwych do wykorzystania (tzw. bufora).

Tabela dotycząca transportów zawiera informacje o koszcie stałym (związany z uruchomieniem środka transportu), zmiennym (koszcie przejazdu 1 km) oraz już poniesionych kosztów związanych z użyciem danego transportu w bieżącym cyklu. Transporty „buforowe” obecne w każdym z węzłów a_w mają odpowiednio wyższy koszt stały, ponadto algorytm powinien dążyć do normalizacji systemu (przygotowania na kolejny cykl pracy), co zostało dokładnie opisane w [2].

3.2. Cel przeprowadzania symulacji

Decyzje o wykorzystaniu środków transportów są podejmowane na podstawie następujących informacji:

- określenia każdego dostępnego transportu, uwzględniając, jakie przesyłki przewozi, jaki koszt został już poniesiony na jego działanie i jaki jest związany z dalszym wykorzystaniem,
- ile transportów jest dostępnych w odbiorczych węzłach sortujących, jaki jest koszt ich uruchomienia, a jeśli były już wykorzystane w bieżącym cyklu, jaki koszt został już poniesiony,
- zawartości bazy danych (przypisaniu przesyłek do transportów rzeczywistych oraz wirtualnych),

W wyniku symulacji możliwe jest określenie, kiedy i jakie transporty będziemy potrzebowali w celu przewozu przesyłek z węzłów sortujących do podrzędnych (odbiorczych).

3.3. Zarys zastosowania algorytmu aukcyjnego

Wykorzystanie algorytmu aukcyjnego naprzód i wstecz do omawianego problemu wymaga jego interpretacji jako problemu quasi-przydziału. Rozważamy tzw. wersję *Gaussa-Seidla*, w której w każdej iteracji nieprzypisane trasy *licytują* sekwencyjnie wobec innej trasy lub węzła.

W sposób ogólny możemy zdefiniować QAP (z ang. *quasi assignment problem*) jako zagadnienie przypisania n osób do n przedmiotów, z tym, że osoby mogą być także przypisane do specjalnych węzłów s_i i t_i (w omawianym problemie węzły a_p i a_w). Quasi-przydział jest wykonalny, jeśli każda osoba jest przypisana do przedmiotu lub węzła s_i lub t_i , podczas gdy każdy przedmiot jest przypisany do osoby lub węzła specjalnego.

Przez osoby będziemy rozumieć ogół transportów aktualnie dostępnych w systemie, jak opisano to w rozdz. 3.3. Przez przedmioty będziemy rozumieć trasy, które muszą zostać wykonane pomiędzy węzłami klasy A a C, tzn. trasy $a_w c_j$ wynikające z konieczności dostarczenia paczek w danym cyklu. Dodatkowo do zbioru przedmiotów można wprowadzić także wszystkie trasy „wygenerowane” w celu normalizacji systemu (porównaj [2]).

Skierowanie transportu do węzła s_i będzie oznaczało pozostawienie ciężarówki w węźle, w którym jest ona aktualnie (tzn. a_p), a do węzła t_i pozostawienie ciężarówki w węźle a_p (po przebyciu trasy $a_p a_w$). W algorytmie w każdym przypadku skierowanie do węzłów t_i , s_i można zastąpić przez trasę zastępczą o zerowej długości, jednak uruchomienie każdej trasy to koszt kapitałowy, co zaprzecza zasadzie nieponoszenia kosztów bezczynności transportu.

Każdy węzeł A jest jednocześnie węzłem s_i i t_i , a oznaczenie wynika tylko z wyróżnienia powodów przypisań oraz możliwości przypisania wielu przedmiotów do tych węzłów.

Możliwe są trzy typy przypisań: osoba-przedmiot; osoba-źródło (węzeł s_i) i osoba-cel pośredni (węzeł t_i). Suma będąca zbiorem wszystkich możliwych przypisań stanowi przestrzeń, w której będziemy szukać rozwiązań. Każda trasa (osoba) ma czas zakończenia, a każdy przedmiot (dalsza trasa) czas rozpoczęcia. Naturalnym ograniczeniem jest, że czas zakończenia osoby (właściwie trasy, tzn. godzina zakończenia rozładunku transportu relacji $a_p a_w$) musi być mniejszy bądź równy rozpoczęciu trasy związanej z przedmiotem (czas rozpoczęcia załadunku transportu na trasę $a_w c_j$), dlatego w trakcie rozwiązywania wszystkie ewentualne przypisania, które nie będą spełniały tego warunku, muszą zostać odrzucane.

W przypadku, gdy ze względów czasowych nie jest możliwe przypisanie jakiegoś przedmiotu do osoby, należy go przypisać do węzła t_i . W takim przypadku zawsze istnieje możliwość użycia transportu, który po odbyciu trasy $c_j a_p$ nie został wysłany w żadną trasę (pozostał w węźle - a_p), o ile taki istnieje, lub w przypadku gdy brak – wykorzystanie ciężarówki z bufora. Informacja o dostępnych ciężarówkach „buforowych” jest w tablicy TRANSPORTY_Ax, od „zwykłych” transportów różnią się one tylko kosztem uruchomienia (kosztem kapitałowym stałym). Transporty buforowe są elementem dodatkowym wprowadzonym dla omawianego problemu.

3.4. Funkcja celu i ograniczenia

Zadaniem algorytmu aukcyjnego jest maksymalizacja zdefiniowanej funkcji celu f_j . W naszym przypadku wartość tej funkcji jest określona jako zysk z przypisania przedmiotu do osoby po odjęciu ceny przedmiotu, czyli odwrotności kosztu przemieszczenia rozważanego środka transportu do miejsca, w którym rozpoczyna się nowe zadanie transportowe (trasa), którą może on wykonać. Jak widać, algorytm wyraźnie unika pustych przebiegów, ponieważ jeśli transport jest w węźle s_i , albo t_i , to z określonych warunków będzie wynikało, że jest duża szansa, że właśnie on zostanie wykorzystany.

Oznaczywszy zysk jako z oraz cenę przedmiotu, czyli koszt wykonania kolejnej trasy, jako p , zgodnie z dualizmem sformułowania za pomocą liniowego programowania problemu quasi-przydziału otrzymamy zagadnienie minimalizacji wyrażenia:

$$\sum_{i=1}^m z_i + \sum_{j=1}^m p_j$$

gdzie m jest liczbą tras do wykonania.

Ważne spostrzeżenie w stosunku do węzłów s_i i t_i . Może w nich znajdować się po kilka transportów, jednak nie ma konieczności wykorzystywania wbudowanego w algorytm specjalnego mechanizmu perturbacyjnego, ponieważ dozwolone jest przypisanie wielu osób do węzłów s_i i t_i . W związku z tym nie wystąpi sytuacja, że dwie osoby (przedmioty) będą konkurowały o trasę (przedmiot) związaną z węzłem s_i lub t_i .

Połączony algorytm aukcyjny do przodu i do tyłu składa się z iteracji aukcyjnych, w których dokonywany jest przydział „do przodu” odnośnie do tras związanych z iteracją aukcji do przodu (osoby do przedmiotów), a „wstecz” odwrotnie (przedmioty do osób). W przypadku problemu QAP, połączona wersja jest jedynym rozwiązaniem, ponieważ licytacja wymaga istnienia również połączeń pomiędzy już aktywnymi trasami a węzłem t_i (w przód) oraz do węzła s_i (wstecz). Warunki początkowe algorytmu to brak przypisań i arbitralnie dobrany poprzez symulacje, wykorzystującą podejście dynamiczne, zbiór cen. W trakcie wykonania następuje przełączanie pomiędzy dwoma typami aukcji aż do uzyskania rozwiązania, które może być uznane za optymalne. Odpowiadający zbiór cen rozwiązuje problem dualny.

Połączony algorytm aukcyjny wprzód i wstecz dla QAP generuje taką sekwencję par wektorów zysk-cena ($z-p$), i częściowe quasi-przypisania, że warunek ε -ograniczenia, działający jako mechanizm perturbacyjny, zapobiega cyklom, jest spełniony w każdej iteracji. Bez tego mechanizmu mogłoby się zdarzyć, że kilka tras konkuruje o małą liczbę równo pożądaných obiektów.

3.5. Mechanizm działania aukcji

Rozważmy procedurę algorytmu aukcyjnego do przodu. Wartość licytowaną dotyczącą trasy i wobec innej trasy j , która jest kandydatem do przydziału do przodu, oznaczmy przez $f_{ij} = -a_{ij} - p_j$. W tym wyrażeniu a_{ij} jest kosztem przebycia trasy z węzła a_i do a_j przy założeniu, że dopuszczamy sytuację, gdy $i=j$, tzn. wtedy transport jest wykorzystany do wykonania trasy bezpośrednio z węzła, w którym znajduje się na początku fazy trzeciej.

Jak już stwierdzono, w trakcie aukcji wprzód trasa jest przydzielona do przodu do kandydata (innej trasy lub t_j) z maksymalną korespondującą wartością. W przypadku gdy maksymalna wartość jest dla danej trasy osiągnięta, cena trasy jest podnoszona tak bardzo,

jak jest to możliwe, oczywiście, przy zachowaniu warunku warunków dotyczących ε -ograniczenia.

Algorytm aukcyjny wstecz jest bardzo podobny. Gwarancją zakończenia się algorytmu jest warunek końcowy przełączania pomiędzy aukcjami do przodu i do tyłu – tzn. algorytm wykonywany jest tak długo, aż co najmniej jedna trasa zostanie przypisana do przodu lub wstecz. Maksymalna ilość przełączeń to liczba tras w zagadnieniu do przypisania. Wtedy algorytm kończy się z wykonanym quasi-przydziałem.

Jak zaznaczono wcześniej, warunki startowe dla algorytmu to arbitralne ceny i brak przypisań. Nawet jeśli inicjujące algorytm ceny nie spełniają warunku związanego z ε -ograniczeniem (tzn. $z_i + p_j \geq a_{ij} - \varepsilon$), to będą go spełniać już po pierwszej procedurze aukcyjnej do przodu. Jeżeli istnieje co najmniej jedno możliwe quasi-przypisanie, to można dowiedzieć, że połączony algorytm aukcyjny do przodu i wstecz kończy się po skończonej liczbie iteracji, z akceptowalnym przypisaniem spełniającym ε -ograniczenie.

Na koniec jedna uwaga odnośnie do doboru arbitralnych cen. W celu ustalenia tych cen należy wiedzieć, jaki transport będzie daną trasę wykonywał, ale zawsze można przyjąć, że jest to jeden z transportów buforowych. Wtedy dla każdej trasy algorytm aukcyjny weźmie pod uwagę zwiększone koszty kapitałowe i operacyjne transportu z bufora i po licytacji znajdzie najlepsze możliwe rozwiązanie.

4. Podsumowanie

Wykorzystanie rozproszonych danych w zaproponowanym systemie czasu rzeczywistego umożliwia zarządzanie dużymi, rozproszonymi geograficznie systemami. Operacje scalania i grupowania danych pozwalają nie tylko na analizę całościową nadzorowanego procesu, wyciąganie wniosków jakościowych i ilościowych, ale także są podstawą typowych decyzji operacyjnych mających na celu redukcję kosztów.

Właściwa konstrukcja schematu bazy danych w celu łatwej obróbki, tzn. scalania i grupowania danych ma podstawowe znaczenie w przypadku obróbki dużej ilości danych. Jednakże oprócz systemu przesyłu danych konieczny jest algorytm sugerujący określone decyzje, co pozwala na podjęcie ostatecznej decyzji przez poszczególne centra zarządzania. W związku z powyższym propozycja algorytmu aukcyjnego dla omawianego problemu jest korzystna także dlatego, że jest on intuicyjny w działaniu, a przez to łatwy do zrozumienia.

W zaproponowanym rozwiązaniu, nawet jeśli koszt wykonania zadań transportowych wydaje się czynnikiem kluczowym, to jak już zaznaczono, w zbiorze potencjalnych rozwiązań rozpatrywane są tylko pary osoba-przedmiot spełniające warunki czasowe, a sama konstrukcja funkcji kosztu sprzyja unikaniu pustych przebiegów.

Ponadto stwierdzono, że dzięki wykorzystaniu danych rozproszonych, podejście dynamiczne do operacji transportowych w systemie logistycznym jest akceptowalną propozycją przy modelowaniu prostych procesów decyzyjnych w realnym świecie. Algorytmy aukcyjne mogą być zatem prostym, intuicyjnym rozwiązaniem zagadnień decyzyjnych w systemach czasu rzeczywistego, w których czas reakcji nie jest parametrem krytycznym, nadającym się dla problemu klasy VRSP dla ustalonej struktury sieci.

LITERATURA

1. Kuczora M.: Optymalizacja transportu przesyłek przy wykorzystaniu stałych linii komunikacyjnych i wyróżnionych węzłów sortujących. *Studia Informatica*, vol. 23, no. 4 (51), ss. 105-124, 2002.
2. Kuczora M., Małkiewicz J.: Wykorzystanie środków transportu w systemie dystrybucji o stałych linii komunikacyjnych i wyróżnionych węzłach sortujących. *Studia Informatica*, vol. 24, no. 1 (52), ss. 189-207, 2003.
3. Freeling R., Wagelmans A. P. M., Pinto J. M.: Models and Algorithms for Single-Depot Vehicle Scheduling, *Transportation Science*, vol. 35, No. 2, May 2001, ss. 165-180.
4. Huisman D., Freeling R., Wagelmans A.: A Dynamic Approach to Vehicle Scheduling. ERIM, Rotterdam, June 2001.
5. Bertsekas D. P.: Auction Algorithms for Network Flow Problems: A Tutorial Introduction, *Computational Optimization and Applications* 1, ss. 7-66 (1992).

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiaczyk

Wpłynęło do Redakcji 27 marca 2003 r.

Abstract

In the transport net, which has a regular structure, there are parcels transported between distribution nodes. The transport process takes place in cycles (usually 24 hours) and is executed according to limitations connected with parcel routing and timetable limitations.

The nodes are divided into two classes: C – class means nodes which are responsible only for delivery and receiving parcels from a system, and A – class nodes, which are equipped with decision structure. The example of network structure for four is shown at the Fig. 1. Information about destination of parcels inducted to the system with a help of C class nodes

is stored in distributed database. During a process data is grouped and consolidated in the chosen central points for parcels stream management purposes.

Data about active and ready to use transport means is stored in a special database. As an intuitive source of potential solution, which task is to provide an optimized management of transport means in the distributed system of distribution, the auction algorithm has been suggested. The auction algorithm tends to find solutions which mostly take into account transport means already used in the process during an active cycle, as their cost of re-usage is comparatively lower than those ones which have not been made active within a cycle due to the transport cost function that consist of two elements i.e. a capital cost (constant for the transport, larger for buffer transports), and operational one that depends on the distance of driving.

Adres

Marcin KUCZORA: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,
44-101 Gliwice, Polska, mkuczora@polsl.gliwice.pl .