

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

Прокудін Г.С., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Чупайленко О.А., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Майданик К.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Пилипенко Ю.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Ремех І.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

DESIGN FEATURES TRANSPORTATION MODELING IN THE TRANSPORT NETWORK

Prokudin G.S., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Chupaylenko O.A., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Maidanyk E.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Pilipenko J.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Remekh I.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Прокудин Г.С., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Чупайленко А.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Майданик Е.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Пилипенко Ю.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Ремех И.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановки проблеми. Науково-технічний прогрес в транспортній галузі є одним із головних факторів розвитку суспільства. Стратегічним завданням науково-технічної політики держави в цієї галузі є вихід на світовий рівень за технічними параметрами та якістю послуг, що реалізуються транспортом. У зв'язку з цим першочерговим і пріоритетним завданням для транспортної галузі є розширення наукових досліджень з проблем створення прогресивних технологій організації міжнародних вантажних перевезень. На практиці міжнародні вантажні перевезення можуть здійснюватися через декілька проміжних пунктів, що створює складні транспортні комунікації. Існуючі методи розрахунку таких систем громіздкі і складні. Треба використовувати більш економні та ефективні метод розв'язання мережевих транспортних задач великої розмірності, які поєднують методи рішення класичної транспортних задач у матричній формі з модифікацією відомого методу Дейкстри для знаходження найкоротших відстаней у мережі сполучень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання теорії та практики розвитку транспортних процесів і систем розглядалися в працях відомих зарубіжних науковців: Кейнса Дж.М., Ліндєрта П.Х., Уайтхеда Дж., Гехтбарга А. Питанням ефективності і функціонування транспортних систем приділяли увагу такі українські і російські вчені і фахівці, як Воркут А.І., Воркут Т.А., Бурмистров М.М., Винников В.В., Кальченко А. Г., Лівшиць В.Н., Міхин А.А., Немчиков В.С., Примачов Н.Т., Раховецький А.Н., Румянцев А.П., Боровський В.М., Шарай С.М. та інші науковці [1, 2].

В численній літературі з досліджень операцій у транспортних системах [3, 4] достатньо ґрунтовно розв'язуються, так звані, транспортні задачі (ТЗ) з визначення оптимальних маршрутів та обсягів перевезень у заданій матриці кореспонденцій. У класичній постановці ТЗ, запропонованій Ф.Л. Хічкоком [4] передбачається здійснення лише безпосередніх перевезень від m пунктів A_i ($i = \overline{1, m}$), які виробляють (або попередньо складують) товари в обсягах a_i ($i = \overline{1, m}$), до n споживачів B_j ($j = \overline{1, n}$), які замовляють перевезення товарів в обсягах b_j ($j = \overline{1, n}$). У більшості публікацій не розглядається ситуація, коли деякі пункти постачання (III_i) або пункти споживання

(ПС_і) товарів є проміжними, тобто, в яких вантаж або зовсім не розвантажується, або розвантажується лише частково. У цьому випадку ми маємо не одну, а чотири види зв'язку між ПП і ПС [5] (рис. 1).

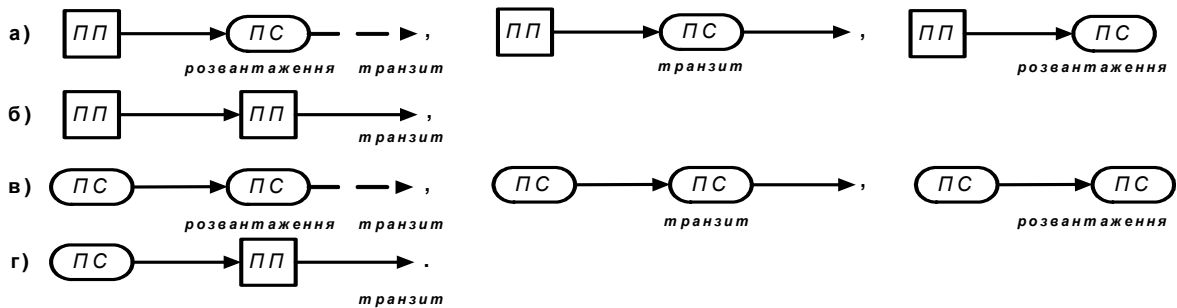


Рисунок 1 – Види зв'язків між пунктами постачання і пунктами споживання: а - часткове або повне розвантаження товару і можливе подальше транспортування залишків товару до сусідніх пунктів; б - призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт; в - допускають або часткове розвантаження товару і можливе подальше транспортування залишків товару до сусідніх пунктів транспортної мережі; г - призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт

При цьому зв'язки виду а) і в) допускають або часткове розвантаження товару і можливе подальше транспортування залишків товару до сусідніх пунктів транспортної мережі (цю обставину виділено пунктирною лінією зв'язку), або повне вивантаження всього товару, а зв'язки виду б) і г) призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт.

Якщо ж у проміжному пункті немає запасів перевезеного товару, а також немає потреби в ньому, тобто він є суто пунктом транзиту (ПТ), то тоді до наявних чотирьох видів зв'язків додаються ще п'ять з аналогічним трактуванням їхнього призначення на рис. 2.

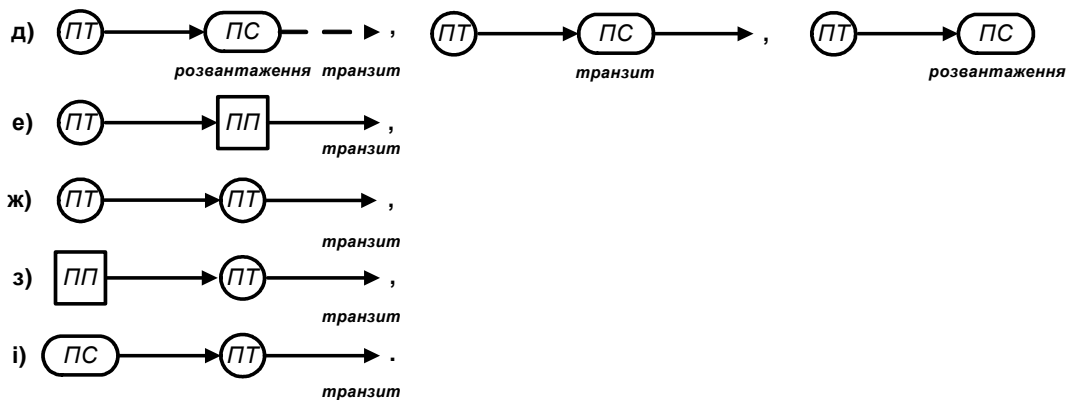


Рисунок 2 – Додаткові види зв'язків, які призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт, коли не має потреби в ньому: д - часткове або повне розвантаження товару і можливе подальше транспортування залишків товару до сусідніх пунктів; е - призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт; ж - допускають або часткове розвантаження товару і можливе подальше транспортування залишків товару до сусідніх пунктів транспортної мережі; з - призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт; і – від пункту споживання до пункту транзиту

Зауважимо, що на практиці перевезення можуть здійснюватися і через декілька проміжних пунктів, використовуючи при цьому кожний з перерахованих вище видів зв'язку, що дозволяє створювати складні транспортні комунікації. ТЗ у такому трактуванні належать до класу мережевих ТЗ [6,7]. До всього, передбачається, що перевезення між двома будь-якими пунктами завжди

“найдешевші” за різними показниками маршрутів, а показником “дешевизни” може бути час, відстань або затрати на перевезення.

Але, на жаль, наявні методи розв’язання мережевих ТЗ [6,7] по-перше, мають недостатнє алгоритмічне забезпечення, що ускладнює пошук оптимального плану перевезень на мережі; по-друге, їхнє застосування обмежено лише мережевими задачами невеликої розмірності. Крім того, наявні методи розв’язання подібних задач не дозволяють автоматизувати процес їхнього рішення із застосуванням засобів обчислювальної техніки [6,7].

Формування цілей статті. У статті пропонується більш економний та ефективний метод розв’язання мережевих ТЗ великої розмірності, які поєднують методи рішення класичної ТЗ у матричній формі з модифікацією відомого методу Дейкстри для знаходження найкоротших відстаней у мережі сполучень між $ПП_i (i = \overline{1, m})$ і $ПС_j (j = \overline{1, n})$, заданій у вигляді графу. Саме це поєднання дозволяє здійснити чітко визначену алгоритмізацію мережевої ТЗ і застосувати для її розв’язання сучасні комп’ютерні технології.

Виклад основного матеріалу. Один вантаж на мережі без обмежень пропускної здатності. На рисунку 3 зображена симетрична транспортна мережа з 12 вершинами і 18 ланками. На кожній ланці проставлене число, яке характеризує вартість перевезення по ній. У круглих дужках біля кожної вершини зазначено обсяги відправлення і прибуття вантажу (відповідно зі знаком „+” та „-”). У деяких вузлах (проміжних) навантаження або вивантаження може й не бути [7].

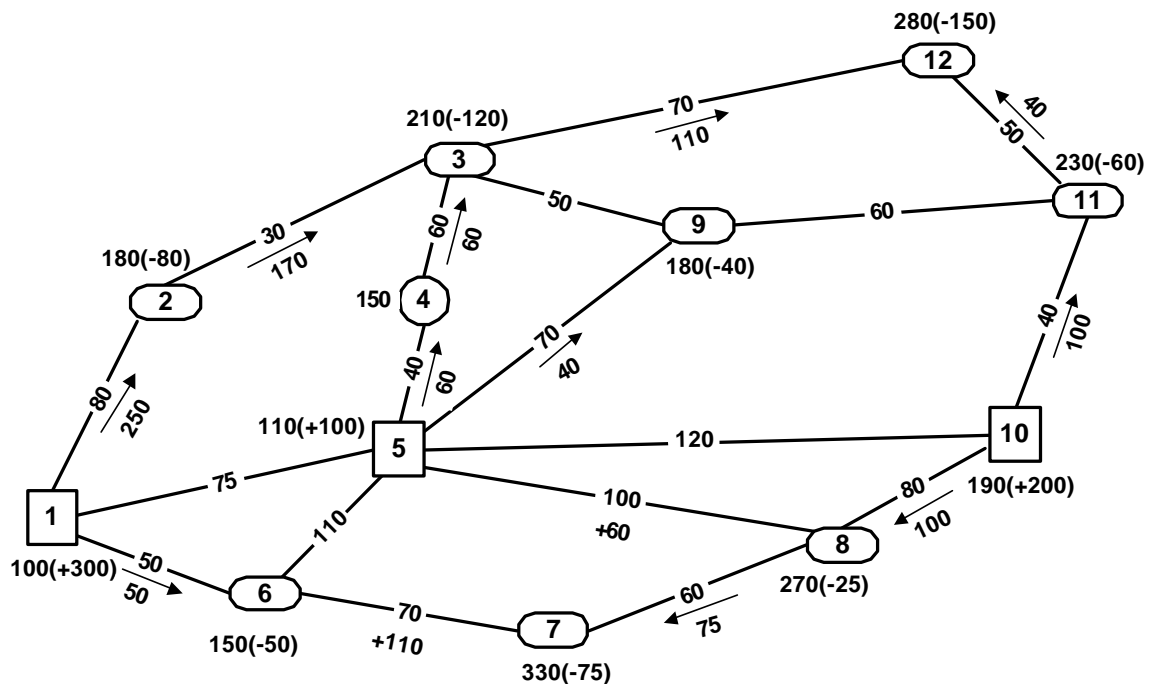


Рисунок 3 – Транспортна мережа без обмежень пропускної здатності (початковий план перевезень одного вантажу)

К р о к 1 – укладання початкового плану, в якому весь вантаж потрібно відправити й усі потреби станцій прибуття задовольнити. Стрілками показаний напрямок вантажопотоків, а числами – їхні обсяги. Порахуємо загальну вартість реалізації цього плану відповідно до рис.2. Загальна вартість перевезень розраховується шляхом підсумовування вартостей на кожному маршруті.

$$Z_0 = 80 \cdot 250 + 30 \cdot 170 + 70 \cdot 110 + 50 \cdot 40 + 40 \cdot 100 + 80 \cdot 100 + 60 \cdot 75 + 50 \cdot 50 + 60 \cdot 60 + 40 \cdot 60 + 70 \cdot 40 = 62600 \text{ одиниць вартості (о.в.).}$$

К р о к 2 – присвоєння потенціалів вершинам. Умови оптимальності плану такі самі, як і при

розв'язуванні задачі в матричній формі методом потенціалів:

$$v_j - v_i \leq c_{ij}; \quad (1)$$

$$v_j - v_i = c_{ij}, \text{ якщо } x_{ij} > 0. \quad (2)$$

Присвоюємо одній із вершин, наприклад 1, будь-який досить великий потенціал, щоб уникнути негативних чисел (у нашому випадку це 100). Просуваючись дугами в напрямку проходження вантажопотоку, додаємо до потенціалу попередньої вершини величину вартості ланки; рухаючись проти потоку, відповідну вартість із потоку віднімаємо.

$$\text{Потенціал вершини 2} = 100 + 80 = 180;$$

$$-||- \quad 3 = 180 + 30 = 210;$$

$$-||- \quad 4 = 210 - 60 = 150;$$

$$-||- \quad 5 = 150 - 40 = 110.$$

Продовжуємо це доти, поки потенціали не будуть присвоєні всім вершинам мережі. Потім перевіряємо умови оптимальності плану (1) на всіх дугах без вантажопотоку.

$$\text{Дуга} \quad 1-5 = 110 - 100 = 10 < 75;$$

$$-||- \quad 5-6 = 150 - 110 = 40 < 110;$$

$$-||- \quad 5-8 = 270 - 110 = 160 > 100 \text{ (на 60)};$$

$$-||- \quad 5-10 = 190 - 110 = 80 < 120;$$

$$-||- \quad 6-7 = 330 - 150 = 180 > 70 \text{ (на 110)};$$

$$-||- \quad 9-3 = 210 - 180 = 30 < 50;$$

$$-||- \quad 9-11 = 230 - 180 = 50 < 60.$$

Невідповідності напишемо навпроти відповідної дуги зі знаком «+». У нашій задачі умову (1) порушено на дугах 5-8 (+60) і 6-7 (+110).

К р о к 3 – вибираємо дугу 6-7 з найбільшим порушенням. Величина його позитивна, отже, необхідно направити вантажопотік у напрямку від меншого потенціалу до більшого. Знаходимо замкнутий контур, до якого входять дуги з потоком і обрана дуга з порушенням, причому це можна зробити єдиним способом.

У нашому випадку цей єдиний контур складається з дуг 6-7, 8-7, 10-8, 10-11, 11-12, 3-12, 2-3, 1-2, 1-6. Просуваючись контуром від меншого потенціалу дуги з порушенням 6-7 до більшого (у нас проти годинникової стрілки), знаходимо дугу 8-7 з мінімальним зустрічним вантажопотоком 75 одиниць.

Додаємо цю величину до всіх попутних потоків і віднімаємо її з усіх зустрічних. Поліпшений план показаний на рисунку 4, а його реалізація становить:

$$Z_1 = 80 \cdot 175 + 30 \cdot 95 + 70 \cdot 35 + 50 \cdot 115 + 40 \cdot 175 + 80 \cdot 25 + 70 \cdot 75 + \\ + 50 \cdot 125 + 60 \cdot 60 + 40 \cdot 60 + 70 \cdot 40 = 54350 \text{ о.в.}$$

Вартість поліпшеного плану можна ще обчислити так: відняти від значення вартості попереднього плану добуток максимальної величини невідповідності умові оптимального плану (1) на одній з дуг мережі на величину мінімального зустрічного потоку на одній з дуг побудованого замкнутого контуру, тобто у нашому випадку:

$$Z_1 = Z_0 - 110 \cdot 75 = 62600 - 8250 = 54350 \text{ о.в.}$$

Кроки 2 і 3 почергово повторюють доти, доки не стане дуг з порушенням умови (2). Надалі, на кроці 2 не потрібно знову присвоювати потенціали всім вершинам мережі, а досить виправити їх лише в тих вершин, куди вантажопотік підійшов з іншого напрямку.

У нашому випадку це стосується лише вершини 7 (рис. 4).

Після виправлення плану залишилося порушення на дусі 5-8. Замкнутий контур складається

тепер з таких дуг: 5–8, 10–8, 10–11, 11–12, 12–3, 4–3, 5–4.

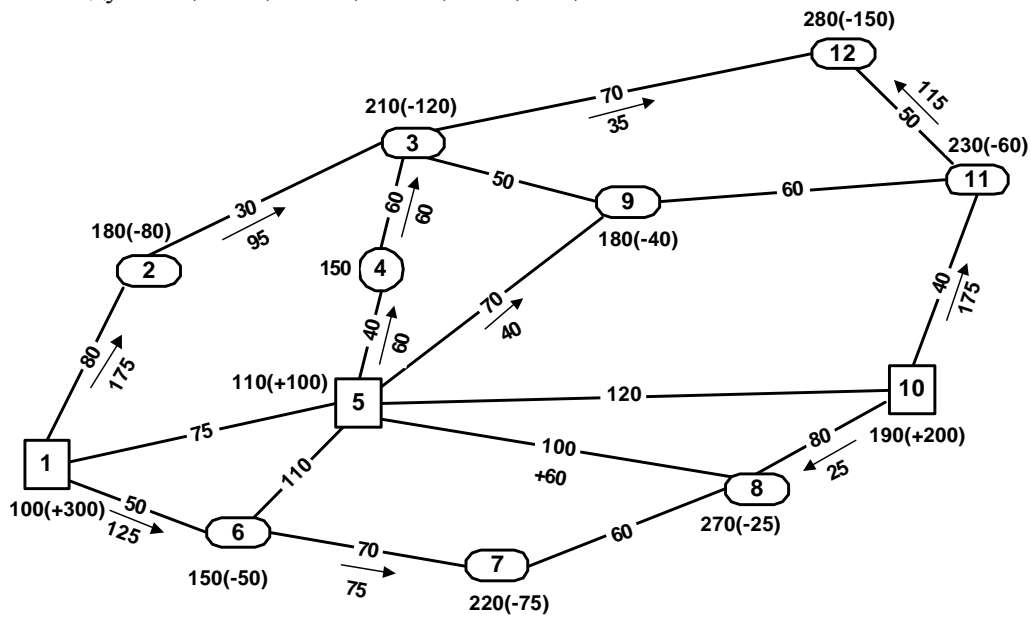


Рисунок 4 – Транспортна мережа без обмежень пропускної здатності (поліпшений план перевезень одного вантажу)

Напрямок руху – проти годинникової стрілки. Мінімальний зустрічний потік дорівнює 25 о.в. на дузі 10–8. Новий план показаний на рисунку 5 є оптимальним, тому що немає на жодній дузі порушень умови (1).

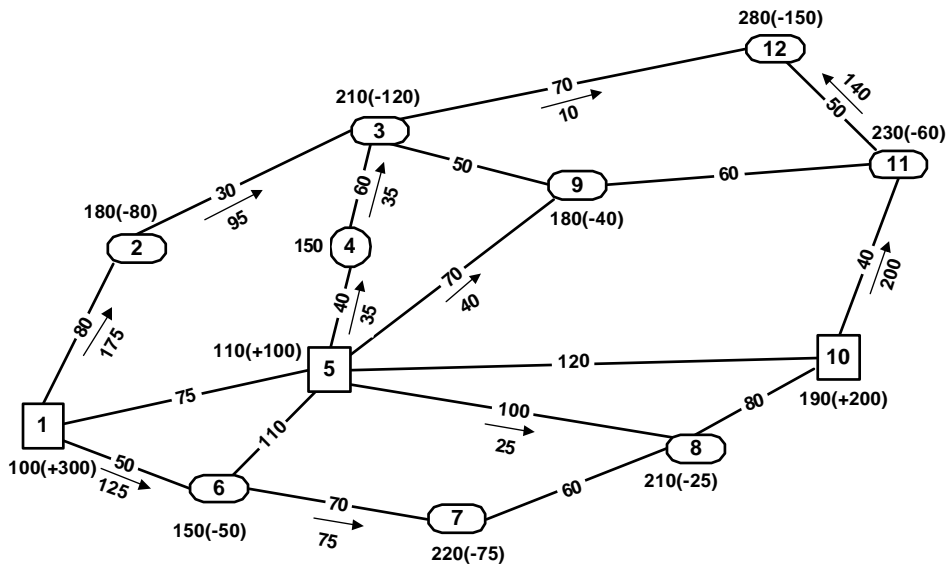


Рисунок 5 – Транспортна мережа без обмежень пропускної здатності (оптимальний план перевезень одного вантажу)

Вартість його реалізації становить:

$$Z_2 = Z_1 - 60 \cdot 25 = 54350 - 1500 = 52850 \text{ о.в.}$$

За дві ітерації отримана економія порівняно з початковим планом в $110 \cdot 75 + 60 \cdot 25 = 9750$ о.в. (наприклад, ткм).

Зобразимо на рисунку 6 тільки дуги, по яких проходять вантажопотоки. У цій частині мережі немає жодного замкнутого контуру і вона називається деревом.

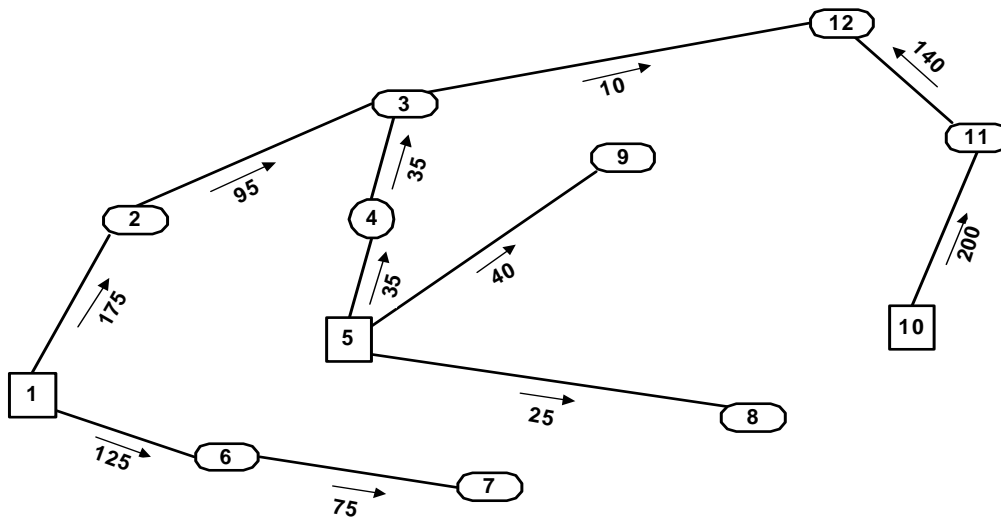


Рисунок 6 – Вантажопотоки оптимального плану перевезень

Необхідно навести два важливих правила:

- в оптимальному плані перевезень одного вантажу на мережі без обмежень пропускної здатності завжди утвориться дерево з кількістю ланок $n-1$, де n – число вершин на мережі;
- на мережі, яка є деревом, планувати перевезення досить просто: потрібно дотримуватися тільки однієї умови – не допускати зустрічних перевезень. Тому, розв'язуючи закриті транспортні задачі, частину мережі, яка є деревом, можна замінити крапкою.

Дерево, утворене дугами з вантажопотоком, називатимемо базисом; дуги, з яких воно утворене, – базисними, а інші дуги – небазисними. Правило, аналогічне ТЗ в матричній формі: завжди можна знайти оптимальне рішення, що є базисним. Тому початковий план перевезень також повинен бути базисним і не мати замкнутих контурів.

Випадок виродження. У деяких задачах дуги з вантажопотоками можуть утворити два дерева, не з'єднаних один з одним. Тоді їх об'єднують дугою з нескінченно малим або нульовим потоком, яку додають до базису, і за нею визначають потенціали. Оптимальний план перевезень для такої ситуації показаний на рисунку 7.

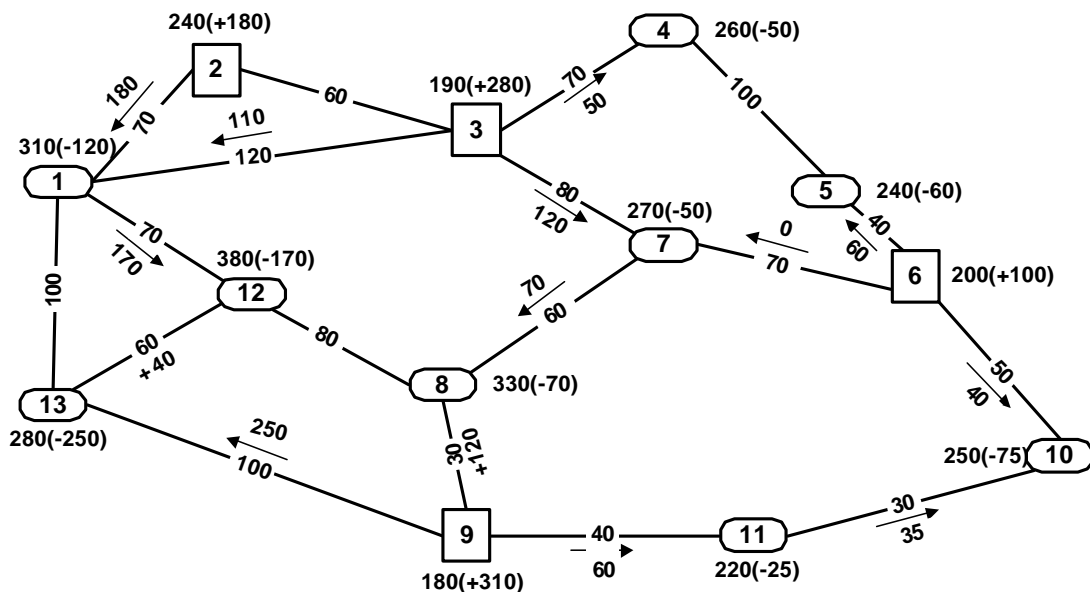


Рисунок 7 – Випадок виродження плану перевезень

Вартість його реалізації становить:

$$Z_{\text{opt}} = 70 \cdot 180 + 120 \cdot 110 + 70 \cdot 170 + 70 \cdot 50 + 80 \cdot 120 + 60 \cdot 70 + 40 \cdot 60 + 50 \cdot 40 + 30 \cdot 35 + 40 \cdot 60 + 100 \cdot 250 = 87850 \text{ о.в.}$$

Однак перевірити його на оптимальність можна лише присвоївши всім вершинам потенціали. Базисні дуги 6–5, 6–10, 11–10, 9–11, 9–13 утворюють дерево, непов'язане з іншим деревом, складеним також із базисних дуг 2–1, 3–1, 1–12, 3–4, 3–7, 7–8. Щоб об'єднати їх, спрямуємо нульовий потік по дусі 6–7 і почнемо присвоювати потенціали від вершини 6, якій призначимо потенціал 200. Виявлено два порушення умов оптимальності (1) на небазисних дугах 13–12 і 9–8; обираємо останнє з максимальним значенням невідповідності (+120, див. рис. 7). У цьому випадку потік необхідно спрямувати від вершини 9 до вершини 8. Замкнутою контур складається, відповідно, з дуг 9–8, 7–8, 6–7, 6–10, 11–10 і 9–11. Переміщаємо нульовий потік з дуги 6–7 на дугу 9–8 і перераховуємо потенціали, як показано на рисунку 8. Порушень умови (1) на мережі більше немає, отже, запропонований план перевезень оптимальний. На небазисній дусі 4–5 різниця потенціалів вершин (240–140) дорівнює вартості перевезень на цій дусі (100), отже є ще одне альтернативне рішення зі здійснення перевезень вантажу. Знайдемо його, якщо побудуємо замкнутий контур, а саме: 4–5, 6–5, 6–10, 11–10, 9–11, 9–8, 7–8, 3–7 і 3–4 і зробимо відповідний перерозподіл вантажопотоків (рис. 8).

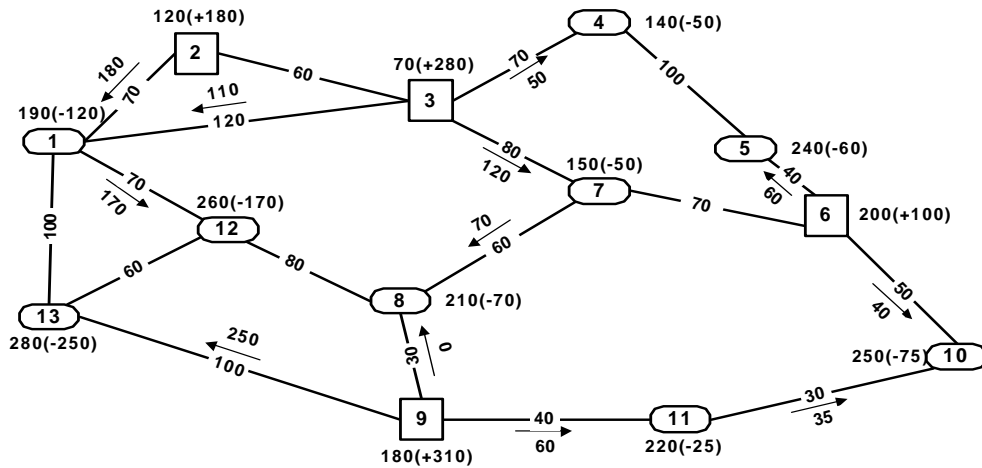


Рисунок 8 – Усунення випадку виродження плану перевезень

Вартість його реалізації також становить 87850 о.в.:

$$Z_{\text{opt}} = 70 \cdot 180 + 120 \cdot 110 + 70 \cdot 170 + 70 \cdot 85 + 80 \cdot 85 + 100 \cdot 35 + 40 \cdot 25 + 50 \cdot 75 + 30 \cdot 35 + 60 \cdot 35 + 40 \cdot 25 + 100 \cdot 250 = 87850 \text{ о.в.}$$

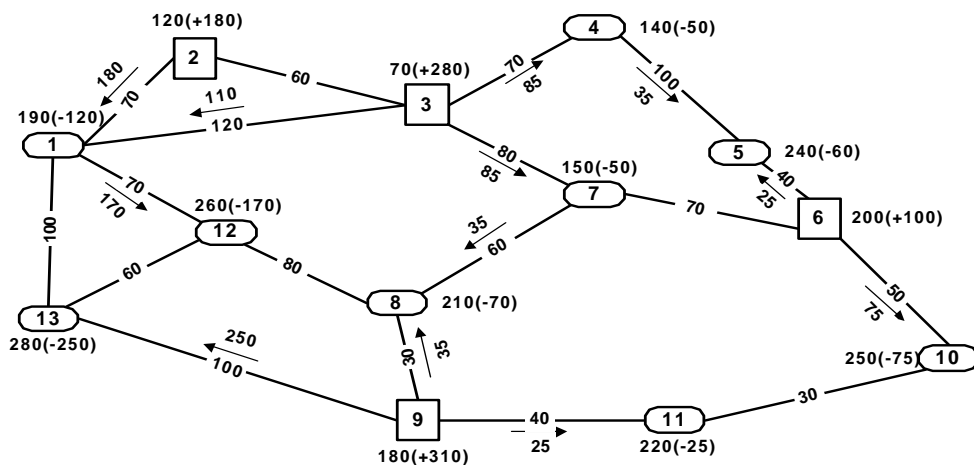


Рисунок 9 – Альтернативний план перевезень

Один вантаж на мережі з обмеженнями пропускної здатності. На мережі з обмеженнями

пропускної здатності кожній дусі приписується два числа, що позначають вартість перевезення і пропускну здатність цієї дуги. Напишемо їх у вигляді дробу: у чисельнику – вартість перевезення c_{ij} , а в знаменнику – пропускну здатність d_{ij} . У цій задачі з'являється додаткова третя умова оптимальності [8]:

$$v_j - v_i \leq c_{ij}, \quad \text{якщо } x_{ij} = 0; \quad (3)$$

$$v_j - v_i = c_{ij}, \quad \text{якщо } 0 < x_{ij} < d_{ij}; \quad (4)$$

$$v_j - v_i \geq c_{ij}, \quad \text{якщо } x_{ij} = d_{ij}. \quad (5)$$

Умову (5) краще переписати так:

$$v_j - v_i = c_{ij} + \delta_{ij}, \quad \text{якщо } x_{ij} = d_{ij}. \quad (6)$$

Величина δ_{ij} називається прокатною оцінкою. Її економічний зміст полягає в тому, що вона виражає додаткові витрати на одиницю перевезеного вантажу, який через недолік пропускної здатності іде круговим шляхом.

Прокатну оцінку ще можна інтерпретувати, як можливу економію на одиницю вантажопотоку від підвищення пропускної здатності даної дуги.

Дуги із заповненою пропускну здатністю для стислості назвемо перенасиченими. Кожна з них має свою індивідуальну прокатну оцінку, що може дорівнювати нулю, у тому випадку, якщо пропускну здатність хоча і заповнена повністю, але немає спрямування частини потоку круговим шляхом і ця дуга ввійшла до базису. Вона може також дорівнювати нулю й у випадку альтернативного рішення з однакової мінімальною вартістю перевезень.

На рисунку 10 показаний наступний приклад: з вершини 1 до вершини 3 необхідно перевезти 30 о.в. Пропускну здатність дуги 1–3 дорівнює 20 одиницям. 10 о.в. направляють круговим шляхом по дугах 1–2 і 2–3. Легко підрахувати при цьому перевитрату на одиницю вантажу $7 + 8 - 10 = 5$.

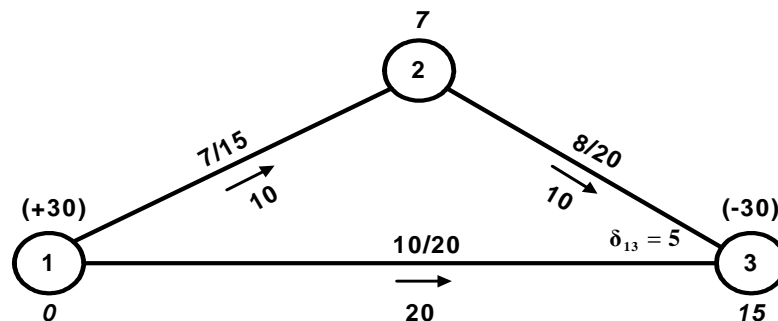


Рисунок 10 – Фрагмент транспортної мережі з обмеженнями на пропускну здатність

Оскільки, присвоюючи потенціали, ми використовуємо тільки базисні дуги з незаповненою пропускну здатністю, у вершини 3 буде потенціал 15, що автоматично виявляє прокатну оцінку: $(v_3 - v_1 = c_{13} + \delta_{13})$ так: $15 - 0 = 10 + 5$.

Оскільки, величина прокатної оцінки характеризує перевитрату коштів на об'їзд, то чим вона вища, тим вище і перевитрата на одиницю потоку. Отже, щоб мінімізувати транспортні витрати, найперше, необхідно підвищувати пропускну здатність на дугах з максимальною прокатною оцінкою.

Усі умови оптимальності плану в цій задачі будуть виконані при значеннях $0 \leq \delta_{13} \leq 5$ і $10 \leq v_3 \leq 15$.

У не вироджених задачах потенціали вершин і прокатні оцінки завжди є одним числом, у вироджених вони можуть характеризуватися числовим відрізком. Простежимо розв'язання задачі на рисунку 11.

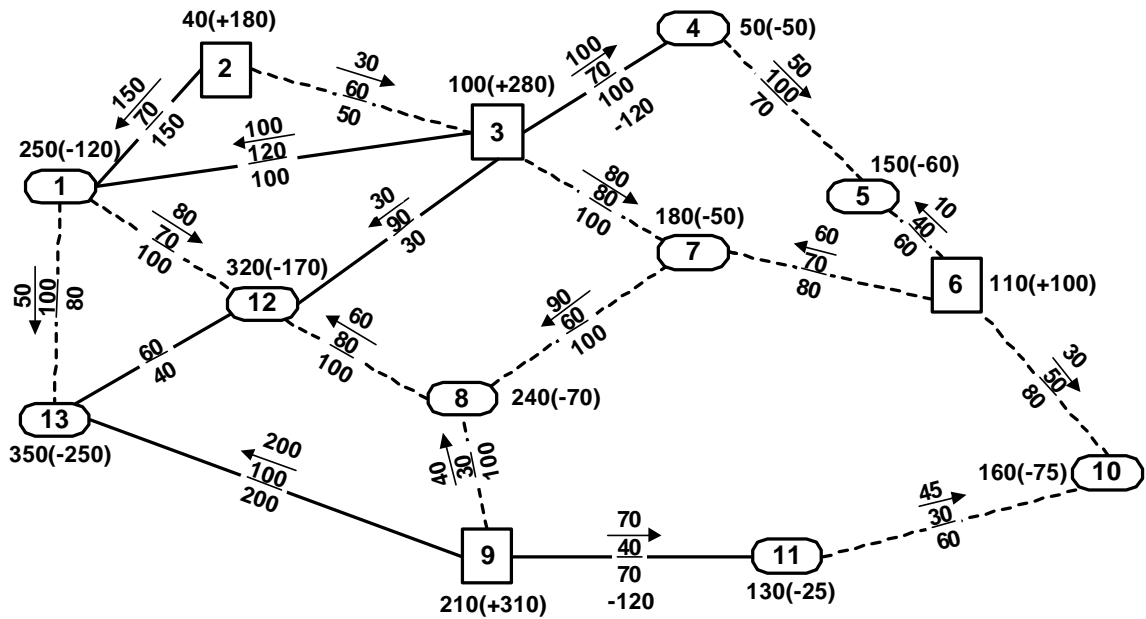


Рисунок 11 – Транспортна мережа з обмеженнями пропускної здатності (початковий план перевезень одного вантажу)

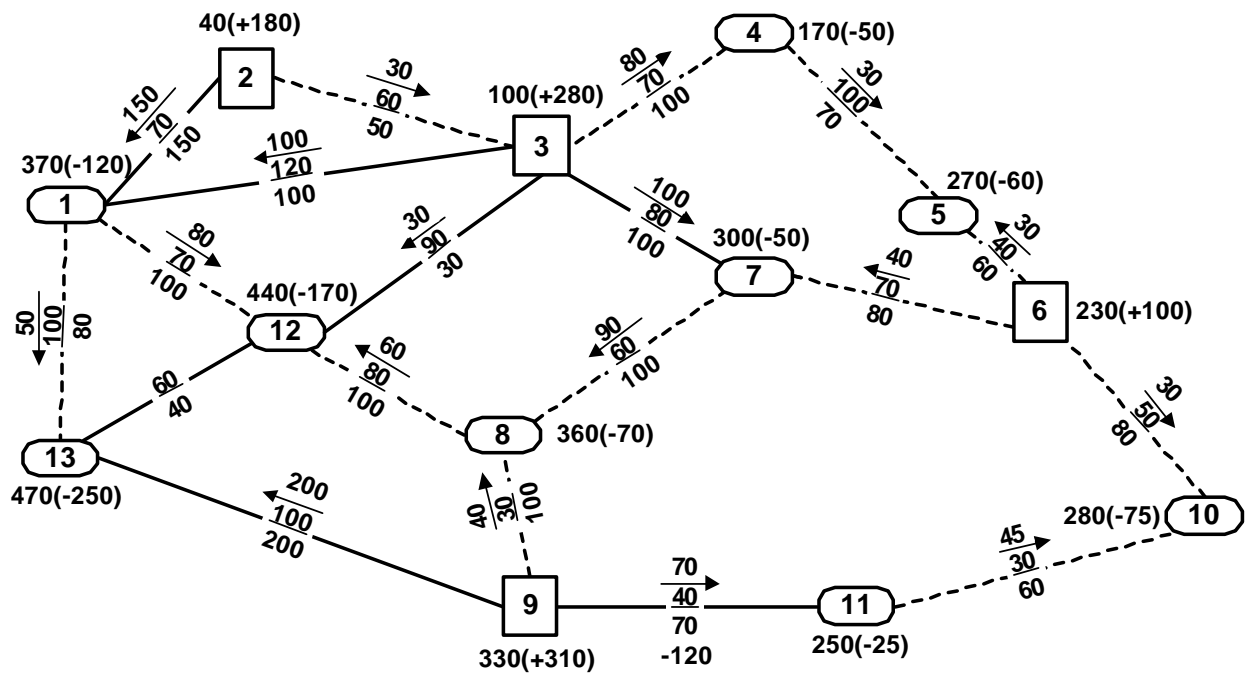


Рисунок 12 – Транспортна мережа з обмеженнями пропускної здатності (поліпшений план перевезень одного вантажу)

Тут виконані: крок 1 – побудовано початковий план і крок 2 – привласнено потенціали вершинам мережі по базисним дугам з незаповненою пропускною здатністю (на рисунку базисні дуги виділені пунктиром, а вершині 1 присвоєний початковий потенціал 250), виявлені порушення умови оптимальності (5) на небазисних дугах 3–4 і 9–11. Оскільки величина порушення негативна, то потрібно зменшити перевезення. Зазвичай обирають дугу з найбільшою (за модулем) величиною порушення. У нас порушення однакові (–120), отже, можна обрати будь-яку; обираємо дугу 3–4. Замкнутий контур складається з дуг 3–4, 4–5, 6–5, 6–7, і 3–7. Величину поліпшення

розв'язання вони поступово зникають. Після того, як на мережі не залишиться жодної дуги з негативним потоком, задача буде розв'язана оптимально.

Висновки. Мережева транспортна задача служить перш за все для одержання оптимального плану вантажопотоків по дугам мережі. Прикріплення постачальників до споживачів є, так би мовити, додатковою вимогою до мережевої транспортна задача після складення оптимального плану вантажних перевезень. У багатьох задачах, особливо тих, де на гілці дерева з потоком в одному напрямку знаходиться декілька постачальників і споживачів, можна отримати безліч оптимальних планів прикріплення постачальників до споживачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бакулич О.О. Дослідження операцій в транспортних системах. Системи масового обслуговування / О.О. Бакулич, Б.М. Четверухін, С.Д. Радкевич. – К.: НТУ, 2005. – 141 с.
2. Беляев В.М. Терминальные системы перевозок грузов автомобильным транспортом / В.М. Беляев. – М.: Транспорт, 2007. – 287 с.
3. Orden A. Survey of research on mathematical solutions of programming problems / A. Orden. – Management Science v. 1, № 2, 1995. P. 170 – 172.
4. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха.–М: “Издательский дом Вильямс”, 2006. – 912 с.
5. Прокудин Г.С. Новый підхід до рішення сітьових транспортних задач / Г.С. Прокудин // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ. – 2004. – № 70. – С. 128 – 134.
6. Прокудин Г.С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах / Г.С. Прокудин. – К.: НТУ, Монографія. – 2006. – 224 с.
7. Прокудин Г.С. Організація перевезень вантажів на транспортній мережі з обмеженнями на пропускні здатності її вузлів і комунікацій / Г.С. Прокудин // Вісник НТУ, Частина 2, № 15. – К.: НТУ, 2007. – С. 152 – 161.
8. Прокудин Г. С. Модифікація методу Дейкстри стосовно розв'язання сітьових транспортних задач / Г.С. Прокудин // Вісник НТУ. – 2002. – № 7. – С. 195 – 198.
9. Ящук О.В. Оптимізація перевезень на транспортній мережі з обмеженнями на пропускні спроможності комунікацій / О.В. Ящук, Г.С. Прокудин // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ. – 2004. – № 68. – С. 185 – 194.
10. Ахо А. Структуры данных и алгоритмы.: Пер. с англ. / А. Ахо, Д. Хопкрофт, Д. Ульман. – М.: “Издательский дом Вильямс”, 2009. – 384 с.

REFERENCES

1. Bakulych O.O., Chetveruhin B.M., Radkevych S.D. Operations research in transport systems . Queuing Systems. Kyiv: NTU, 2005. 141 p. (Ukr)
2. Belyaev V.N. Terminalnyye system avtomobylnym transit cargoes transportation. Moskow: Transport , 2007. 287 p. (Russia)
3. Orden A. Survey of research on mathematical solutions of programming problems / A. Orden. – Management Science. Vol. 1. Number 2. 1995. P. 170 – 172. (USA)
4. Taha H.A. Introduction to Study transactions. Moskow: Publishing Home Williams", 2001. 912 p. (Ukr)
5. Prokudin G.S. New approach to solving transportation problems of network. Roads and road construction. Kyiv: NTU. 2004. Number 70. P. 128 - 134. (Ukr)
6. Prokudin G.S. Models and methods of optimization of transport systems in transport. Kyiv: NTU, Monograph. 2006. 224 p. (Ukr)
7. Prokudin G.S. Organization of cargo transportation network to restrictions on its capacity units and communications. Herald NTU. Part 2, Number 15. Kyiv: NTU. 2007. P. 152 - 161. (Ukr)
8. Prokudin G.S. Modification Dijkstra method concerning resolving cross-border transportation problems. Herald NTU. 2002. Number 7. P. 195 - 198. (Ukr)
9. Yashchuk A.V. Optimization of traffic on the network with restrictions on carrying capacities of communication. Roads and road construction. Kyiv: NTU. 2004. Number 68. P. 185 - 194. (Ukr)
10. Aho A. Data structures and algorithms: Trans. from English. Moskow: Publishing house Williams. 2009. 384 p. (Russia)

РЕФЕРАТ

Прокудін Г.С. Особливості моделювання вантажних перевезень на транспортній мережі/ Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.С. Дудник, К.О. Майданик, Ю.В. Пилипенко, І.О. Ремех // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Ч.1: Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2016. – Вип. 18.

В статті показано, що першочерговим і пріоритетним завданням для транспортної галузі є розширення наукових досліджень з проблем створення прогресивних технологій організації міжнародних вантажних перевезень. На практиці міжнародні вантажні перевезення можуть здійснюватися через декілька проміжних пунктів, що створює складні транспортні комунікації. Існуючі методи розрахунку таких систем громіздкі і складні. Треба використовувати більш економічні та ефективні методи розв'язання мережевих транспортних задач великої розмірності, які поєднують методи рішення класичної транспортних задач у матричній формі з модифікацією відомого методу Дейкстри для знаходження найкоротших відстаней у мережі сполучень. Алгоритм для розв'язання мережевої транспортної задачі, де початковий план будується з використанням принципу найкоротшого шляху. Від пункту споживання з більшим обсягом попиту будується дерево, на окремих дугах якого можуть бути негативні потоки. У процесі розв'язання вони поступово зникають. Після того, як на мережі не залишиться жодної дуги з негативним потоком, задача буде розв'язана оптимально

Об'єкт дослідження – процес перевезення вантажів на транспортній мережі.

Мета роботи – моделювання вантажних перевезень в складній транспортній мережі.

Метод дослідження – метод розв'язання мережевих транспортних задач великої розмірності, які поєднують методи рішення класичної транспортних задач у матричній формі з модифікацією відомого методу Дейкстри для знаходження найкоротших відстаней у мережі сполучень.

Дослідження показали, що мережева транспортна задача служить перш за все для одержання оптимального плану вантажопотоків по дугам мережі. Прикріплення постачальників до споживачів є, так би мовити, додатковою вимогою до мережевої транспортна задача після складення оптимального плану вантажних перевезень. У багатьох задачах, особливо тих, де на гілці дерева з потоком в одному напрямку знаходиться декілька постачальників і споживачів, можна отримати безліч оптимальних планів прикріплення постачальників до споживачів.

Результати статті можуть бути використані при виборі оптимальної моделі організації вантажних перевезень у міжнародному сполученні з метою підвищення конкурентоспроможності транспортної системи України в умовах глобалізації.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук оптимальної моделі організації вантажних перевезень у міжнародному сполученні щодо підвищення ефективності роботи транспортної системи України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, МЕРЕЖЕВІ МОДЕЛІ, ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ПРИНЦИП НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ.

DESIGN FEATURES TRANSPORTATION IN THE TRANSPORT NETWORK

ABSTRACT

Prokudin G.S. Desing features transportation modeling in the transport network. / Prokudin G.S., Chupaylenko O.A., Dudnik O.S., Maidanyk E.O., Pilipenko J.V., Remekh I.O. // Project management, systems analysis and logistics. Part 1: Series «Engineering» – K.: NTU – 2016. – Vol. 18.

The article shows that the top priority and a priority for the transport sector is to expand scientific research on the creation of advanced technology of international transportation. In practice, international freight can be carried out in several intermediate points, creating a sophisticated transportation links. Existing methods of calculating these systems are cumbersome and complex. We must use a more economical and efficient method to solve network traffic problems of large dimension, combining classical methods for solving transport problems in the form of a matrix modification known Dijkstra method for finding the shortest distance network connections. The algorithm for solving the TSP network where the original plan is constructed using the principle of the shortest path. From the point of consumption with a larger volume of demand built tree on separate arcs which can be negative flows. In the process of solving them gradually disappear. Once on the network will not have any negative arc stream, the problem will be solved optimally

The object of study - process for freight transport networks.

Purpose - to develop computer software system decision support system to optimize the international transport of goods on road network.

Research method - a method of solving network traffic problems of large dimension, combining classical methods for solving transport problems in the form of a matrix modification known Dijkstra method for finding the shortest distance network connections.

Studies have shown that network traffic problem is primarily for obtaining optimal plan for arcs cargo network. Attaching suppliers to consumers is, so to speak, to demand additional network traffic problem after taking the optimal plan for transportation. In many problems, especially those where the tree branch with the flow in one direction is several suppliers and consumers can get a lot of optimal plans attachment suppliers to consumers.

The results of the article can be used in selecting the optimal model of transportation in international traffic in order to increase the competitiveness of the transport system of Ukraine under globalization.

Forecast assumptions object of research - the search for the optimal model of transportation in international traffic to improve the efficiency of the transport system of Ukraine.

KEY WORDS: TRANSPORT INFRASTRUCTURE, MATHEMATICAL MODELS, NETWORK MODELS, TRUCKING, THE PRINCIPLE OF THE SHORTEST PATH.

РЕФЕРАТ

Прокудин Г.С. Особенности моделирования грузовых перевозок в транспортной сети / Г.С. Прокудин, А.А. Чупайленко, А.С. Дудник, Е.А. Майданик, Ю.В. Пилипенко, И.А. Ремех. // Управление проектами, системный анализ и логистика. Ч.1: Серия «Технические науки» – К.: НТУ, 2016. – Вып. 18

В статье показано, что первоочередной и приоритетной задачей для транспортной отрасли является расширение научных исследований по проблемам создания прогрессивных технологий организации международных грузовых перевозок. На практике международные грузовые перевозки могут осуществляться через несколько промежуточных пунктов, создают сложные транспортные коммуникации. Существующие методы расчета таких систем громоздки и сложные. Надо использовать более экономичные и эффективные методы решения сетевых транспортных задач большой размерности, которые сочетают методы решения классических транспортных задач в матричной форме с модификацией известного метода Дейкстры для нахождения кратчайших расстояний в сети сообщений. Алгоритм для решения сетевой транспортной задачи использует первоначальный план, который строится с использованием принципа кратчайшего пути. От пункта потребления с большим объемом спроса строится дерево, на отдельных дугах которого могут быть негативные потоки. В процессе решения они постепенно исчезают. После того, как на сети не останется ни одной дуги с отрицательным потоком, задача будет решена оптимально.

Объект исследования - процесс перевозки грузов в транспортной сети.

Цель работы - моделирования международных грузовых перевозок в сложной транспортной сети.

Метод исследования - метод решения сетевых транспортных задач большой размерности, которые сочетают методы решения классических транспортных задач в матричной форме с модификацией известного метода Дейкстры для нахождения кратчайших расстояний в сети сообщений.

Исследования показали, что сетевая транспортная задача служит прежде всего для получения оптимального плана грузопотоков по дугам сети. Прикрепления поставщиков к потребителям является, так сказать, дополнительным требованием к сетевой транспортной задачи после составления оптимального плана грузовых перевозок. Во многих задачах, особенно тех, где на ветке дерева с потоком в одном направлении находится несколько поставщиков и потребителей, можно получить множество оптимальных планов прикрепления поставщиков к потребителям.

Результаты статьи могут быть использованы при выборе оптимальной модели организации грузовых перевозок в международном сообщении с целью повышения конкурентоспособности транспортной системы Украины в условиях глобализации.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - поиск оптимальной модели организации грузовых перевозок в международном сообщении по повышению эффективности работы транспортной системы Украины.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ, ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ, ПРИНЦИП КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ.

АВТОРИ:

Прокудин Георгій Семенович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний

університет, зав. каф. міжнародних перевезень та митного контролю, професор, e-mail: p_g_s@ukr.net, +380633270243, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

Чупайленко Олексій Андрійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри міжнародних перевезень і митного контролю, e-mail: dozentalexey@yandex.ru, тел. +380975052559, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

Майданик Катерина Олександрівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень і митного контролю, e-mail: mptamk@ukr.net, тел. +38 (063) 770-28-44, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

Пилипенко Юрій Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень і митного контролю, e-mail: pilipenko_yu.v@mail.ru, тел. +38 (093) 753 35 33, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

Ремех Інна Олександрівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень і митного контролю, e-mail: Remekh Inna@yandex.ru, тел. +38 (096) 92 00 192, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

AUTHOR:

Prokudin Georgiy S., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, head of the department of international transportation and customs control, e-mail: p_g_s@ukr.net, +380633270243, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova, str. 1, of. 437.

Chupaylenko Olexsiy A., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department of international transportation and customs control, e-mail: dozentalexey@yandex.ru, +380975052559, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 437.

Maidanyk Ekaterina A., National Transport University, aspyrant department of international transportation and customs control, e-mail: mptamk@ukr.net, тел. +38 (063) 770-28-44, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 437.

Pilipenko Jury V., National Transport University, aspyrant department of international transportation and customs control, e-mail: pilipenko_yu.v@mail.ru, тел. +38 (093) 753 35 33, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 437.

Remekh Inna A, National Transport University, aspyrant department of international transportation and customs control, e-mail: Remekh Inna@yandex.ru, тел. +38 (096) 92 00 192, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 437.

АВТОРЫ:

Прокудин Георгий Семенович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, зав. каф. международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: p_g_s@ukr.net, +380633270243, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, дом 1, к. 437.

Чупайленко Алексей Андреевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: dozentalexey@yandex.ru, тел. +380975052559, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, дом 1, к. 437.

Майданик Екатерина Александровна, Национальный транспортный университет, аспірант кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: mptamk@ukr.net, тел. +38 (063) 770-28-44, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова, дом 1, к. 437.

Пилипенко Юрій Вікторович, Национальный транспортный университет, аспірант кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: pilipenko_yu.v@mail.ru, тел. +38 (093) 753 35 33, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова, дом 1, к. 437.

Ремех Інна Олександрівна, Национальный транспортный университет, аспірант кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: Remekh Inna@yandex.ru, тел. +38 (096) 92 00 192, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова, дом 1, к. 437.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гавриленко В.В., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

Юдін О.К., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gavrilenko V. V., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine.

Yudin O.K., Ph.D., Engineering (Dr.), National Aviation University, Kyiv, Ukraine.