

Т. Матвейчук, В. Ставицький
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра електронних обчислювальних машин

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ

© Матвейчук Т., Ставицький В., 2012

Побудовано та досліджено базовий варіант моделі процесу планування вантажо-перевезень, що складається з послідовності обраних окремих підзадач, утворених відібраною системою спрощувальних припущень, що дає змогу розв’язати поставлену задачу в умовах багатокритеріальності та наявності часових обмежень.

Ключові слова: математична модель, граф, оптимальний маршрут.

We construct and study a basic version of the model planning process cargo. It consists of a sequence of individual subtasks that created the system of simplifying assumptions. It allows you to solve the task in bahatokryterialnosti and available time limits.

Key words: mathematical model, the graph, the optimal route.

Вступ

Транспортна логістика відіграє все важливішу роль у сучасній економіці, забезпечуючи швидку і мобільну доставку товарів споживачам. З розвитком малого та середнього бізнесу підвищується гнучкість ринкової інфраструктури, зростає частка автомобільних перевезень вантажів дрібними партіями з великих розподільчих центрів (складів) множині дрібних одержувачів – організаціям та фізичним особам. Цей процес характерний практично для всіх сучасних дистрибутивних систем.

Проблема оптимізації є в певному сенсі, мабуть, найгострішою проблемою сучасності, оскільки людина завжди прагне знайти якнайкраще рішення в будь-якій сфері діяльності. До цієї ж проблеми належить і транспортна задача, яка визначає планування оптимальних маршрутів для вантажоперевезень. Під час розв’язання конкретних транспортних задач часто потрібно враховувати додаткові обмеження, що не зустрічалися при розгляді простих варіантів даних задач. Тому сьогодні споживачі все частіше звертають увагу також на додаткові критерії, такі як терміни доставки, можливість отримання замовленого товару в чітко обумовлені строки, а також якісне інформаційне супроводження процесу виконання замовлення.

Різноманітність цілей і критеріїв при постановці задачі оптимального планування вантажних перевезень в застосуванні до різних практичних областей призвела до появи великого класу «розвозочних» задач. Питаннями розвозки в різний час займалися такі вчені, як Дж. Літл, Р. Беллман, С. Уоршалл, Р. Флорйд, І. Х. Сігал, Е. Дейкстра, В. А. Житков, А.В. Єфремов, і сьогодні проводяться дослідження, однак досі рівень організації транспортних перевезень є недостатньо ефективним.

Сучасні підходи до розв’язання транспортної задачі ґрунтуються на спрощенні її постановки, що не повною мірою відповідає реальним умовам. Тому необхідний пошук нових науково-практичних рішень, методів і моделей оптимізації процесу перевезень. У зв’язку з цим дослідження у цій галузі є актуальними.

Отже, підвищення ефективності оперативного планування в сфері транспортного обслуговування із залученням сучасних інформаційних технологій для надання клієнтам послуг такої якості і в такому обсязі, які відповідають їх очікуванням, є однією з пріоритетних проблем науки і виробництва. Дослідженням у межах цієї фундаментальної задачі і присвячена ця робота.

Мета роботи полягає в розробленні і дослідженні моделі оптимального планування вантажоперевезень від одного постачальника декільком одержувачам, що дає змогу визначити оптимальні маршрути розвезення, перелік вантажів, що перевозяться кожним транспортним засобом, а також і розклад руху одиниць автотранспорту.

Об'єктом досліджень є транспортні перевезення, що здійснюються за принципом «один до багатьох» з перевагою маршрутизації за схемою комівояжера.

Виконані дослідження ґрунтуються на використанні апарату теорії графів, багатокритеріальної дискретної оптимізації, теорії NP-повних задач, імітаційного моделювання.

Для досягнення мети роботи було виконано такі завдання:

- Сформульовано постановку задачі планування маршрутів для вантажоперевезень, що вироблена за результатами системного аналізу проблеми і яка відповідає реальним виробничим умовам.
- Відібрано систему варіантів виробничих умов, на підставі якої отримано набір спрощувальних припущень.
- Побудовано базовий варіант моделі процесу планування вантажоперевезень.
- Застосовано багатокритеріальний варіант алгоритму Форда–Беллмана для вирішення поставленої задачі.
- Розроблено програмну реалізацію методу.
- Проведено експериментальні дослідження та оцінено ефективність отриманих результатів.

Постановка проблеми

Сучасний рівень транспортних вантажоперевезень ґрунтується на застосуванні різних транспортних та інформаційних технологій, а також на максимальній реалізації можливостей автотранспорту. Тому потрібно скласти такий план перевезень, щоб повністю виконати умови перевезення від усіх постачальників і цілком задовольнити потреби всіх споживачів за мінімальний час доставки вантажу.

Процес планування маршрутів доставки є доволі складним в теоретичному плані етапом розв'язання задачі автоматизації процесу вантажоперевезень. Постановка такої задачі відрізняється від класичної транспортної задачі тим, що, крім обчислення обсягів перевезень, що призводять до мінімальних витрат, потрібно визначити оптимальний маршрут їх перевезення від складу до клієнта. Для такої задачі виділяють два типи завдань: критерій вартості (досягнення мінімуму витрат на перевезення) або відстаней і критерій часу (використання мінімуму часу на перевезення).

Постановка задачі розвозки завжди припускає спочатку, що є невідомі ефективні маршрути, які зв'язують точки перевезення вантажу. Визначити ці маршрути можна за допомогою алгоритму пошуку набору ефективних шляхів на графі загального виду при векторному критерії якості. Задання мережі можливих маршрутів переміщення транспортних засобів (ТЗ) та визначення точок призначення (кінцевих споживачів) реалізується у вигляді орієнтованого зв'язкового графу як найзручнішого і потужного засобу, який підходить для цієї задачі.

Формування критеріїв

Побудуємо математичну модель, що описує одну доволі просту, але типову ситуацію. Мова буде йти про раціональне перевезення деякого однорідного (одного і того самого призначення і якості) продукту від виробників до споживачів. У цьому випадку кожному споживачеві байдуже, звідки, з яких пунктів виробництва надходить цей продукт, лише б він надходив у потрібному обсязі. Однак від того, наскільки раціональним виявиться прикріплення пунктів споживання до пунктів виробництва, істотно залежить обсяг транспортної роботи. У зв'язку з цим, природно, виникає питання про найраціональніше прикріплення виробників до споживачів (і навпаки), про правильний напрям перевезень вантажу, за якого потреби задовольняються, а витрати на транспортування мінімальні.

Аналіз цілей показує, що для формування маршруту та розкладу руху ТЗ можна використовувати такі критерії ефективності перевезень:

- відстань, пройдена кожним ТЗ і загальна відстань;
- загальний час, витрачений на перевезення;
- максимальний час знаходження на маршруті ТЗ;

- кількість запізнь до визначеного терміну;
- витрата палива всіма ТЗ;
- кількість вантажів, перевезених у середньому одним ТЗ;
- вантажопідйомність задіяних ТЗ і ступінь їх завантаженості.

Оптимізація кожного з цих критеріїв тією чи іншою мірою сприяє підвищенню ефективності перевезень, проте одночасний їх облік надмірно ускладнює задачу. Тому насамперед потрібно вилучити найменш важливі з них, по-друге, визначити, які критерії є сенс перевести до розряду обмежень.

Визначення обмежень та формування припущень

Якщо дотримуватись стандартної стратегії розв'язання багатокритеріальних задач, то необхідно буде розглядати кожний недомінуючий варіант шляху, формувати з таких шляхів множину цінкових матриць маршрутів і аналізувати всі ефективні маршрути розвозки. Зрозуміло, що такий підхід призведе до занадто великих часових витрат на розв'язання задачі.

Вихід з цієї ситуації полягає в істотному звуженні множини розв'язків задачі. При цьому можлива втрата оптимального розв'язку. Однак, при виконанні певних умов подібне спрощення може бути виправдане. Мова йде про врахування таких факторів:

1. Ступінь невизначеності. Задача містить невизначеність, оскільки витрати палива в умовах міста не пов'язана однозначно з відстанню, а заявлений час руху може через затори не відповідати реальній тривалості перевезення.

2. Відношення вантажопідйомності використовуваних ТЗ до середньої маси замовленого вантажу, що обслуговуються в середньому однією машиною. В роботі проаналізовано такі варіанти:

Варіант 1. Якщо величина відношення близька до одиниці або менша за 1. Таке припущення занадто спрощує задачу, оскільки основна маса вантажу буде розвозитися по системі маятникових маршрутів, і рішення можна знайти за допомогою алгоритму простого перебору.

Варіант 2. Якщо величина лежить в межах від 1 до n і далека від цих граничних значень, вантажопідйомності кожної машини вистачає на те, щоб обслужити кілька клієнтів, а потім повернутися на базу зовсім або для дозавантаження.

Варіант 3. Якщо величина близька до n – кількості клієнтів або більша за n – одна машина обслуговує всі зазначені пункти.

3. Варіабельність відстаней i / або часу переїзду між пунктами перевезення і базою. Якщо розбіжність величин незначна, то їх різницею можна знехтувати.

4. Характер перевезеного вантажу:

- насипний вантаж, який можна ділити в будь-якій пропорції;
- однорідний дрібногабаритний, який можна ділити на дрібні порції;
- неоднорідний – набір блоків різної маси.

Всі ці додаткові характеристики значною мірою впливають на формування оптимального маршруту перевезення.

Розв'язання задачі

На основі аналізу моделі припущень та її обмежень було виділено базовий варіант розв'язання задачі, а саме знаходження тільки оптимальних маршрутів перевезення. Цей варіант розв'язання поділяється на такі етапи:

1. Задається мережа маршрутів, по яких буде здійснюватись рух ТЗ у вигляді орієнтованого зв'язаного графу загального виду. Вага ребер задається параметричним вектором, який містить 2 критерії: пройдену ТЗ відстань і час, потрачений на цю відстань (вважатимемо що вони є однаковими в ідеальному випадку).

2. На побудованому нашому графі з відповідними заданими параметрами починає виконуватись алгоритм Форда–Беллмана для знаходження оптимального маршруту для кожної з пар вершин. При цьому обов'язково враховується векторний критерій: щоб пройдена відстань між пунктами і час доставки були мінімальними.

3. Отримана матриця часового критерію використовується як вхідний параметр для алгоритму знаходження оптимального маршруту проїзду всіх точок, в які відбуваються вантажні перевезення.

4. Четвертий крок розбивається на 4 підпункти, які є програмно зв'язаними. Виконується задання параметрів типів ТЗ і знаходження замовлень перевезень:

- 4.1. Дані подаються на вхід алгоритму генерації варіантів комплектації ТЗ, потрібних для виконання замовлення.
- 4.2. Для кожного з отриманих варіантів комплектації ТЗ відсортовуються всі можливі варіанти перевезення вантажів до пункту призначення.
- 4.3. Для кожного варіанта сортування перевезень вибираються варіанти завантаження вантажу.
- 4.4. Кожний варіант завантаження аналізують ще раз для того, щоб визначити, чи може він використовуватись повторно для іншої точки призначення.

5. За результатами цих опрацьованих циклів сортування і завантаження ТЗ і визначається оптимальний маршрут вантажоперевезень, який при практичному застосуванні виводить тільки маршрут оптимального шляху від вказаної початкової точки відправлення до кінцевої точки доставки вантажу.

Було побудовано імітаційну модель транспортної мережі у вигляді графу, в якому загальна кількість вершин відповідає кількості пунктів доставки вантажу і пункту відправлення вантажу. Вершини пунктів доставки вантажу змінювались у довільному порядку так, щоб максимально змінити умови, які впливають на результати алгоритму.

Ефективність аналізували за такими характеристиками:

1. Можливість звуження множини перебору можливих варіантів сортування завантаження ТЗ (тобто забрати вплив сортування повністю при знаходженні оптимального маршруту перевезення).
2. Вплив величини кроку на зміну маршруту ТЗ.
3. Можливість використання знайденого оптимального маршруту перевезення повторно.
4. Можливість використання цього алгоритму у реальних дорожніх умовах.

Відповідно до побудованої загальної схеми розроблено приклад розв'язання задачі планування маршрутів для вантажоперевезень на вихідних даних, наближених до реальних. Побудовані зв'язані орієнтовані графи, які відображають мережу реальних автодоріг, по яких ймовірно пересування ТЗ в процесі розвезення грузів (рис. 1–3). Тут назви міст – це пункти відправлення (умовне позначення “>>”), проміжні пункти перевезення вантажу та пункти доставки (умовне позначення “<<”) залежно від замовлення та вибору оптимального маршруту. Цифрові значення між містами – це протяжність маршруту між містами у км. Відзначений маршрут – це оптимальний маршрут перевезення вантажу між двома конкретними пунктами, який було визначено за допомогою векторного алгоритму, описаного у попередніх пунктах.

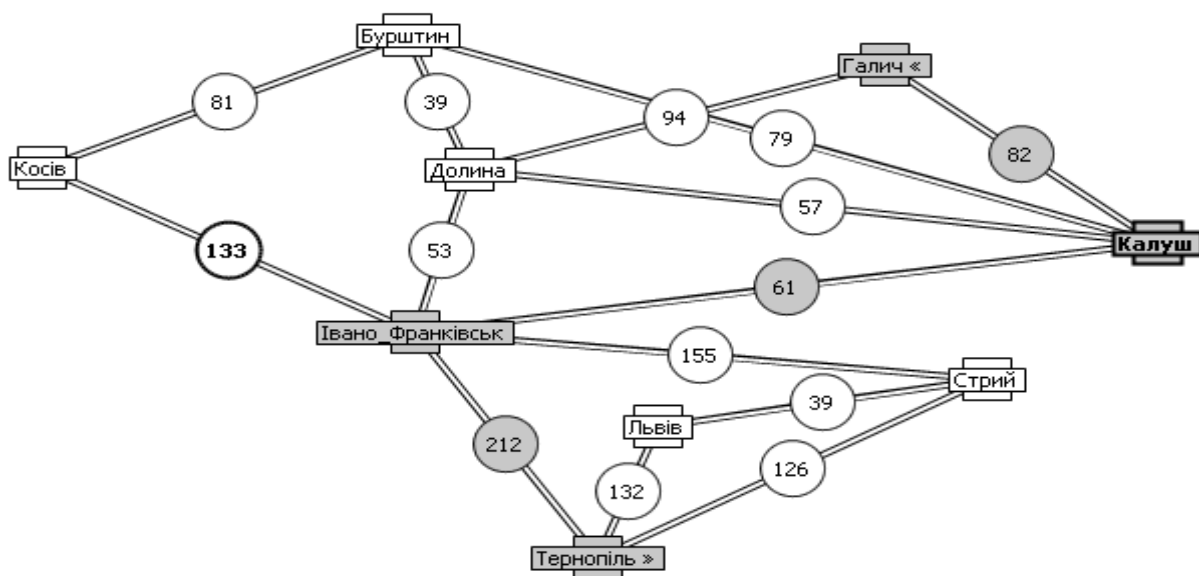


Рис. 1. Маршрут Тернопіль–Галич

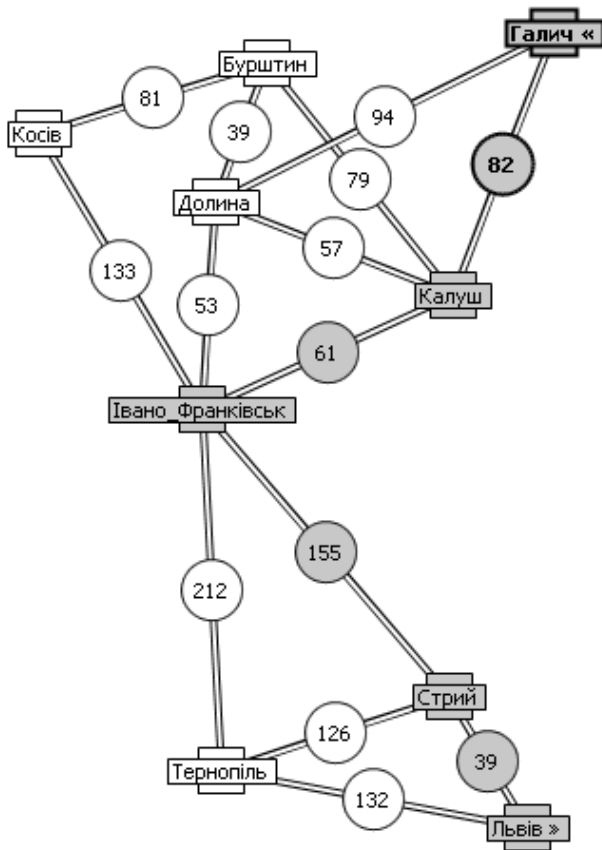


Рис. 2. Маршрут Львів–Галич

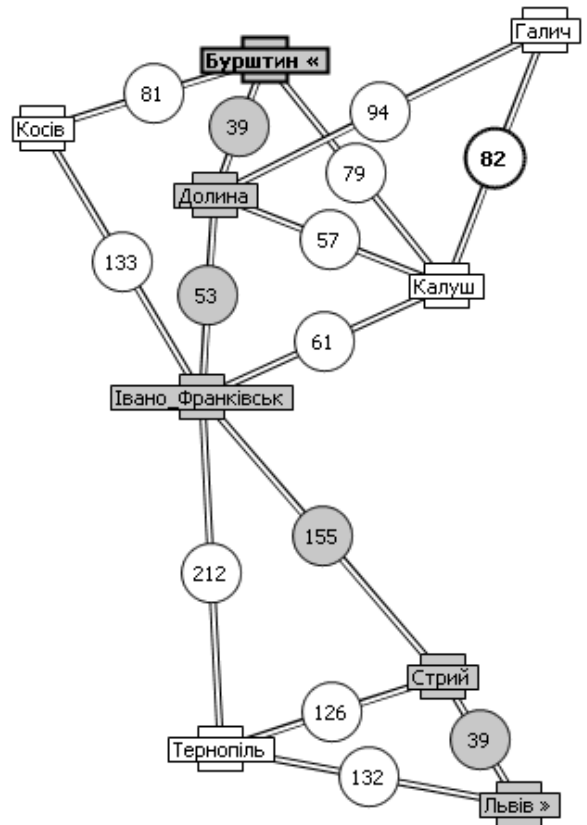


Рис. 3. Маршрут Львів–Бурштин

Висновки

У результаті проведеного дослідження було сформульовано постановку задачі планування маршрутів для вантажоперевезень, відібрано систему варіантів виробничих умов, на підставі якої отримано набір спрощуючих припущень, побудовано базовий варіант моделі процесу планування вантажоперевезень, застосовано багатокритеріальний варіант алгоритму Форда–Беллмана для розв'язання поставленої задачі, розроблено програмну реалізацію методу. Проведено експериментальні дослідження та оцінено ефективність отриманих результатів

1. Оре О. Теорія графів. – М.: Наука, 1968. – С. 12
2. Харарі Ф. Теорія графів. – М.: Мир, 1973. – С.150–156.
3. Уїлсон Р. Введення в теорію графів: Пер. з англ. М: Світ, 1977. – С.59.
4. Кормен Т. Алгоритми для роботи з графами . – Ч. VI. // Алгоритми: побудова й аналіз. – М.: Вільямс, 2006. – С.47–51.