

УДК 004.94:656.1

Т.А. Матвейчук

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ У ВІЙСЬКОВІЙ ЛОГІСТИЦІ

У статті побудовано та досліджено базовий варіант моделі планування вантажоперевезень. Вона складається з послідовності окремих підзадач та системи спрощуючих припущень, що дозволяє вирішувати поставлену задачу в умовах багатокритеріальності і наявності часових обмежень. Для складання поетапного плану перевезень вантажів запропоновано зведений алгоритм розв'язання базової задачі з організації вантажопотоку. Для реалізації розглянутих ідей розроблено і протестовано прикладну програму для знаходження у транспортній мережі оптимального маршруту перевезення вантажів від одного відправника декільком споживачам.

Ключові слова: планування вантажоперевезень, оптимальний маршрут, модель, граф, логістика.

Вступ

Актуальність. Історично логістика розвивалась як військова дисципліна. Військова логістика – це добре організована робота тилу із забезпечення військ всім необхідним для нормального їх існування, тобто робота, яка є значущою складовою бойового успіху. В історії людства можна навести багато прикладів, коли цілі війни вигравались або програвались в залежності від організації постачання військ. Пріоритетне значення питанням логістики надавалось ще в армії Наполеона. Широко застосовувалась логістика під час Другої світової війни, особливо американською армією. Яскравим прикладом вдалої військової логістики було роззброєння Іраку американськими військами в 2003 році, коли була застосована дуже ефективна система постачання, в якій майже на кожного військовослужбовця доводилось 3-4 фахівця-логіста.

Особливої актуальності набувають питання військової логістики сьогодні, коли українська нація воює проти окупантів та їх поплічників, намагаючись зупинити терор, злочинні дії екстремістських угруповань, забезпечити захист мирних громадян, не дати розшматувати Україну. Серед причин значних людських і матеріальних втрат у ході проведення АТО є чисельні недоліки у системі постачання військ. На жаль, керівництво державою колосально недооцінило значення логістики у сучасній війні.

Серед великої кількості видів логістики в цій роботі докладно розглянуто напрям логістики вантажоперевезень, який є важливою ланкою в якісній і продуктивній організації транспортування різноманітних вантажів, що мають матеріальну

цінність, від постачальника або виробника до безпосереднього споживача. Без глибокого аналізу цілого ряду факторів, які, зрештою, і позначаються на термінах, вартості та безпеці вантажоперевезень, якісно організувати логістику практично неможливо.

Проблема оптимізації є в певному сенсі, мабуть, найгострішою проблемою сучасності, оскільки людина завжди прагне знайти найкраще рішення в будь-якій сфері діяльності. До цієї ж проблеми можна віднести й задачу розвезення вантажів, яка визначає планування оптимальних маршрутів для вантажоперевезень. Науковою основою задачі оптимального планування вантажоперевезень є класична транспортна задача. Різноманітність цілей і критеріїв при її постановці в застосуванні до різних практичних сфер призвела до появи великого класу «розвозочних» задач. Питаннями про розвезення вантажів в різні часи займалися такі видатні вчені, як Дж. Літл, Р. Беллман, С. Уоршалл, Р. Флойд, Е. Дейкстра, І. Х. Сігал, В.А. Житков, А.В. Єфремов. Існуючі підходи до вирішення транспортної задачі базуються на спрощенні її постановки, що не повною мірою відповідає реальним умовам. Тому актуальним залишається пошук нових науково-практичних рішень, методів і моделей оптимізації процесу перевезень із залученням сучасних інформаційних технологій. Дослідженням у рамках даної фундаментальної проблеми присвячена ця робота.

Представлена проблема є NP-складною задачею, тобто такою, точне рішення якої в загальному випадку може бути отримане тільки за експоненціальний час. Отже, вирішити її методами переборного характеру в режимі реального часу неможливо.

Аналіз досліджень і публікацій

Одним із підходів до розв'язання транспортної задачі є скорочення перебору методом гілок і меж [1]. Цей метод дозволяє розпізнати безперспективні часткові рішення, в результаті чого від дерева пошуку на одному кроці відсікається ціла гілка.

Інший метод з назвою «оптимальне рішення спрощеної задачі розвезення» [2] був запропонований К.В. Гайндриком і В.А. Житковим. Головним недоліком алгоритму є неможливість врахування вимог щодо часу доставки.

Зважаючи на великі обчислювальні труднощі вирішення завдань маршрутизації, застосування методів точного їх вирішення надзвичайно обмежено. Вимоги практики призвели до необхідності використання числових методів наближеного розв'язання задач маршрутизації. Найбільш поширеними і вживаними на практиці є евристичні методи і методи локальної оптимізації [3].

Розроблений А.В. Єфремовим модельно-евристичний метод [7] орієнтований на вирішення завдання змінно-добового планування та оперативного управління вантажними перевезеннями. У цьому методі добре опрацьована математична модель складання розкладу руху транспортних засобів. Для визначення конкретних маршрутів автором пропонується лише формальна мультиплікативна згортка критеріїв, на основі якої і не без участі диспетчера відбувається прийняття рішення про напрямок наступної поїздки транспортного засобу. З одного боку, динамічне планування процесу перевезень у реальному режимі часу є вигідною відмінністю методу. З іншого боку, прийняття великої кількості рішень диспетчером в обмежений проміжок часу може стати великою проблемою. На думку самого автора, метод потребує подальшого розвитку та доопрацювання.

У [6] наводиться опис евристики для стратегії визначення маршрутів транспортних засобів, що має назву «Організація перевезень з маршрутами у вигляді квітки маргаритки». Формування маршрутів таким способом дає гарні результати, які можуть конкурувати з математичними методами вирішення задачі.

Проведений аналіз деяких існуючих підходів до вирішення транспортної задачі дозволяє стверджувати, що до складу ключових характеристик, які повинні бути враховані в постановці задачі для того, щоб остання більш повною мірою відповідала реальним умовам, слід включити можливість одночасного використання при перевезенні вантажів більше одного транспортного засобу, облік тимчасових обмежень

на терміни доставки, проведення пошуку ефективних маршрутів з урахуванням особливостей транспортної мережі, наявність декількох критеріїв ефективності розвезення вантажів.

Звідси випливає **мета роботи**: синтез моделі планування вантажоперевезень, що дозволяє визначити оптимальні маршрути перевезень вантажів, перелік вантажів, що перевозяться кожним транспортним засобом, та розклад руху одиниць автотранспорту.

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. Для такої задачі виділено два типи завдань: критерій вартості (використання мінімуму витрат на перевезення) і критерій часу (досягнення мінімуму часу на перевезення).

Завдання мережі можливих маршрутів переміщення транспортних засобів та визначення пунктів призначення (кінцевих споживачів) реалізовано у вигляді орієнтованого зв'язкового графа як найбільш зручного і потужного засобу, який підходить для цієї задачі.

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

Основна частина

Постановка задачі. Побудуємо математичну модель, що описує одну досить просту, але типову ситуацію. Мова буде йти про раціональне перевезення деякого однорідного (того самого призначення та якості) продукту від постачальника до споживача. У цьому випадку кожному споживачеві байдуже, звідки, з яких пунктів відправки буде надходити цей продукт, лише б він надходив у потрібному обсязі. Однак від того, наскільки раціональним виявиться прикріплення пунктів споживання до пунктів відправки, істотно залежить обсяг транспортної роботи. У зв'язку з цим, природньо, виникає питання про найбільш раціональне прикріплення відправників до споживачів (і навпаки), про оптимальний маршрут перевезення вантажу, при якому потреби задовольняються, а витрати на транспортування зменшуються.

Аналіз цілей показує, що при формуванні маршрутів транспортних засобів (ТЗ) можливе використання наступних критеріїв ефективності перевезень:

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

- максимальний час знаходження на маршруті ТЗ;
- кількість запізнь ТЗ;
- витрати палива всіма ТЗ;
- кількість вантажів, перевезених в середньому одним ТЗ;
- вантажомісткість задіяних ТЗ і ступінь їх завантаженості.

Оптимізація кожного з цих критеріїв в тій чи іншій мірі сприяє підвищенню ефективності перевезень, проте одночасний їх облік надмірно ускладнює задачу. Тому в першу чергу потрібно виключити найменш важливі з них, по-друге, визначити, які критерії є сенс перевести в розряд обмежень.

Особливість задачі вантажоперевезення як багатокритеріальної оптимізаційної задачі полягає в тому, що вона повинна вирішуватись досить оперативно, і до її вирішення неможливо залучати експертів. Це означає, що слід заздалегідь розробити деяке вирішальне правило, що дозволяє автоматично знаходити оптимальне рішення або рішення, досить близьке до оптимального.

За результатами проведеного аналізу була сформульована постановка задачі.

Потрібно доставити вантаж від одного відправника до n одержувачів із заданою масою вантажу для кожного одержувача і з мінімізацією затрат відправника.

Введемо позначення:

$C = \{c_1, \dots, c_n\}$ – множина одержувачів вантажів;

c_0 – пункт відправки вантажів;

Q_i – маса вантажу, замовленого i -м споживачем, $i = 1, \dots, n$;

T_i – термін доставки вантажу i -му споживачу;

$t[c_i, c_j]$ – час проїзду ТЗ від c_i до c_j одержувачів вантажів, $i, j = 1, \dots, n$;

N – загальна кількість одиниць транспортних засобів, необхідних для доставки всіх вантажів;

P_k – вантажомісткість k -го ТЗ ($k = 1 \dots N$) типу A_m , $A_m \subseteq \{1, \dots, N\}$. Нумерація транспортних засобів має бути виконана таким чином, щоб справедливим було відношення

$$P_1 \leq P_2 \leq \dots \leq P_N;$$

E_k – величина постійних витрат на експлуатацію k -го ТЗ A_m -го типу;

z_{k,c_i} – маса вантажу, що доставляється k -м транспортним засобом c_i -му одержувачу вантажу, причому

$$\sum_k z_{k,c_i} = Q_i, \quad \sum_{c_i} z_{k,c_i} \leq P_j;$$

$\Theta(c_i, z_{k,c_i})$ – час, який буде потрібний для того, щоб в c_i -му пункті споживання розвантажити z_{k,c_i} кг вантажу;

C_k – маршрут k -го транспортного засобу, під яким будемо розуміти упорядковану послідовність пунктів одержання вантажу закріплених за k -м ТЗ, тобто

$$C_k = \{c_{i_{k,0}}, c_{i_{k,1}}, c_{i_{k,2}}, \dots, c_{i_{k,r-1}}, c_{i_{k,r}}\}, \quad i_{k,0} = i_{k,r} = 0.$$

Потрібно знайти загальну кількість N одиниць ТЗ, набори вантажів $z_{k,c_i} > 0$ і маршрути C_k ($k = 1 \dots N$) такі, при яких значення першої функції

$$\sum_i \left(\sum_{u=0}^{r_i-1} \{t[c_{i_{k,u}}, c_{i_{k,u+1}}] + \Theta(c_{i_{k,u+1}}, z_{k,c_{i_{k,u+1}}})\} - T_i \right)$$

і значення другої функції

$$\sum_{i,k} (E_k | z_{k,c_i} > 0)$$

будуть мінімальними.

Перша функція визначає загальний час запізнь доставки вантажів транспортними засобами, вона і є значенням першого критерію, друга функція визначає сумарні постійні витрати і є другим критерієм.

Модель процесу планування вантажоперевезень. Виходячи з формальної постановки задачі була побудована системна модель, яка відображає ієрархічні рівні процесу пошуку оптимального рішення транспортної задачі з доставки вантажів до пунктів їх споживання (ПС). Така модель представлена на рис. 1.

Стандартна задача комівояжера формулюється таким чином: задана множина C , що включає n міст і відстані між кожною парою цих міст; потрібно знайти найкоротший маршрут обходу всіх міст з C .

Побудуємо спрощений варіант загальної задачі про розвезення вантажів. Для цього приймемо, що:

- кожен одержувач замовив по одній одиниці вантажу;
- розвозка проводиться одним транспортним засобом, вантажомісткість якого дозволяє за один рейс перевезти весь замовлений вантаж;
- термін доставки вантажу необмежений.

Тоді очевидними будуть твердження, що в результаті спрощень:

- 1) отримаємо задачу, не складнішу вихідної,
- 2) отримаємо стандартну задачу комівояжера, яка є NP -повною.

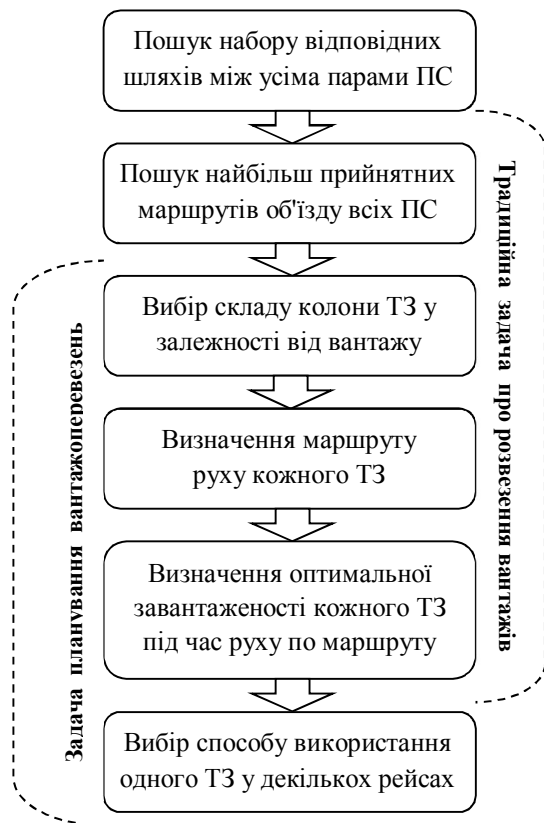


Рис. 1. Модель процесу пошуку оптимального рішення транспортної задачі з доставки вантажів

Це означає, що спрощена задача про розвезення вантажів також є *NP*-повною. Більше того, таке твердження стосується й загальної задачі про розвезення вантажів, й задачі планування вантажоперевезень, тобто вони не мають ефективного точного алгоритму розв'язку в режимі реального часу. Отже, треба залучати спеціальні прийоми, що дозволяють знайти прийнятне рішення, не вдаючись до повного перебору варіантів.

Вихід із цієї ситуації полягає у суттєвому звуженні множини розв'язків задачі. При цьому можлива втрата дійсно оптимального розв'язку. Однак при виконанні певних умов подібне спрощення може бути виправданим. Мова йде про врахування наступних факторів:

1. Ступінь невизначеності.

1.1. Задача містить невизначеність, оскільки витрати палива в реальних умовах не пов'язані однозначно з відстанню, а заявлений час руху через затори або вимушені зітримки може не відповідати реальній тривалості перевезення.

1.2. Задача не містить невизначеності. Зв'язок між зазначеними параметрами детермінований і однозначний.

В якості базового припущення вибрано 1.1.

2. Відношення середньої вантажомісткості ТЗ до середньої маси замовленого вантажу, тобто

кількість ПС, що обслуговуються в середньому однією машиною.

Були проаналізовані наступні варіанти:

2.1. Величина відношення близька до одиниці або менша за 1. Подібне припущення надмірно спрощує задачу, і рішення може бути знайдено шляхом використання алгоритму простого перебору.

2.2. Величина відношення лежить у межах від 1 до n і далека від цих граничних значень. У цьому випадку вантажомісткості кожної машини вистачає на те, щоб обслужити кілька ПС, а потім повернутись на базу зовсім або для дозавантаження. Таким чином, при оптимізації маршруту за критерієм відстані або часу доводиться враховувати відрізок шляху, по якому машина здійснює заїзд на базу для дозавантаження. У цьому полягає основна відмінність задачі розвезення від задачі комівояжера. Саме цей випадок було обрано за базове припущення.

2.3. Величина відношення близька до n або більша за n . Фактично одна машина обслуговує всі ПС. Задача, що визначається такою умовою, практично не відрізняється від класичної задачі комівояжера з одним ТЗ, тому вона не цікава для подальшого розгляду.

3. Несталості відстаней або тривалостей переїздів між деякими пунктами споживання або між ними і пунктом відправки. Було проаналізовано такі варіанти:

3.1. Розбіжності величин дуже малі.

3.2. Розбіжності існують, але вони не дуже значні.

3.3. Розбіжності величин істотно відрізняються. В якості базового було прийнято припущення 3.2, при цьому оскільки розбіжність величин незначна, то їх різницею можна знехтувати.

4. Характер вантажу.

Розглянуто наступні варіанти:

4.1. Вантаж насипний, і його можна ділити на частини в будь-якій пропорції.

4.2. Вантаж однорідний дрібногабаритний, і його можна ділити на дрібні порції.

4.3. Вантаж неоднорідний – набір блоків різної маси.

В якості базового було прийнято припущення 4.2. Дана умова визначає необхідну точність пошуку розв'язку задачі.

5. Існування способів перевезення вантажів віртуальними ТЗ.

5.1. Існують. Тоді з'являється можливість зменшення витрат за рахунок використання одного ТЗ у декількох рейсах. Цей варіант був прийнятий за базовий.

5.2. Не існують. Тоді необхідно розглядати задачу як двокритеріальну, а для зменшення кількості запізнь потрібно збільшити кількість одиниць ТЗ, тим самим підвищити витрати.

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

Зв'язок між зазначеними припущеннями і способи формування варіантів задачі про розвезення вантажів можна наочно зобразити у вигляді схеми, наведеної на рис. 2.

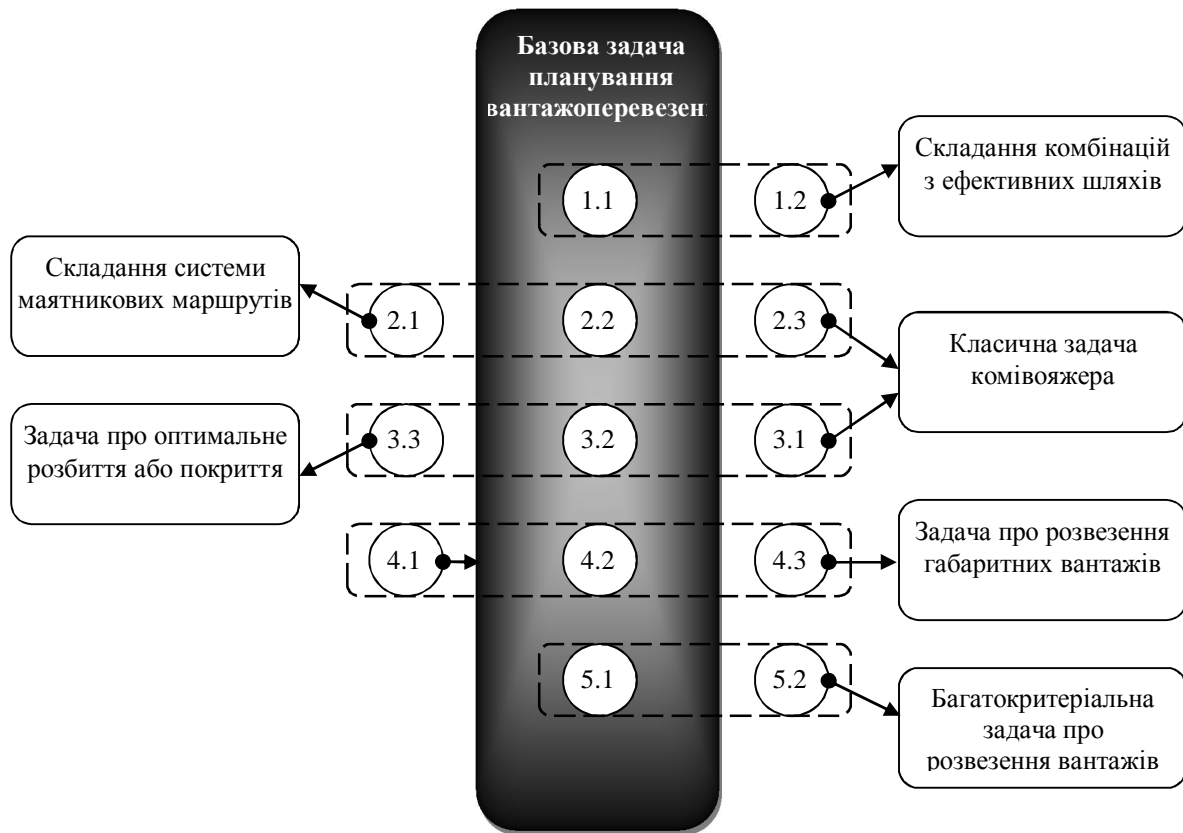


Рис. 2. Структурна схема системи припущень у моделі задачі про розвезення вантажів

Виділена темним кольором область схеми відповідає базовій задачі планування вантажоперевезень, яка розв'язується в даній роботі.

Зведений алгоритм розв'язання базової 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 можливих маршрутів переміщення ТЗ між пунктом відправки і пунктами споживання вантажів, яка реалізується у вигляді орієнтованого зв'язкового графа. Вершини графа являють собою множину виду

$$V = V^P \cup V^N,$$

де V^P – підмножина проміжних вершин (задають точки перехрестя доріг), V^N – підмножина пунктів споживання (ПС), що обслуговуються ТЗ. Виїхавши з пункту відправки, ТЗ рухається по дугах графа, проходячи як проміжні вершини, так і ПС. Останні виступають як пункти доставки товарів. Вага ребер

складається з двох компонент, які включають в себе два критерії: пройдено ТЗ відстань R і час T , затрачений на проходження цього шляху.

Вводяться дані по замовленнях – список ПС із зазначенням вимог щодо термінів доставки і вага замовлених вантажів Q_i .

Уся множина вершин графа розбивається на дві підмножини. В першу підмножину включаються всі ПС, що обслуговуються ТЗ, згідно з даними про поточні замовлення. Решта вершин графа становлять другу підмножину.

2. На побудованому графі починає виконуватись багатокритеріальний алгоритм, який є узагальненням на випадок декількох критеріїв відомого методу Флойда-Уоршалла, що дозволяє відшукати ефективні шляхи між усіма парами вершин в орієнтованому графі довільного виду такі, що $(R, T) \rightarrow \min$ для кожної пари.

На кожній з отриманих множин ефективних шляхів проводиться вибір єдиного варіанта

$$d(i, j)^{OPT} \in \{d(i, j)\}^{(k)},$$

за допомогою методу ідеальної точки. Результатом зазначених процедур є дві матриці значень умовно-оптимальних шляхів по кожному з критеріїв.

3. Отримана матриця тимчасового критерію згортається по множині ПС (тобто визначаються оптимальні за критерієм часу маршрути між парами ПС) і передається в якості вхідного параметра в алгоритм пошуку оптимальної послідовності обходу всіх ПС. Результатом роботи цього алгоритму буде упорядкований набір вершин графа V^{OPT} , що являє собою оптимальний (мінімальний) по часовому критерію $\sum T_{i,j} \rightarrow \min$ маршрут обходу всіх ПС, що починається і закінчується в тій самій вершині, а саме у пункті відправки вантажу.

4. Четвертий крок розбивається на 4 підзадачі. Спочатку виконується завдання параметрів типів ТЗ, що є у пункті відправки, для виконання списку поточних замовлень.

4.1. Ці дані подаються на вхід алгоритму генерації варіантів комплектації ТЗ, мінімально необхідних для виконання списку замовлень

$$\sum_{i=1}^k P_i \geq \sum_{j=1}^n Q_j .$$

Отримані комплектації сортуються за зростанням величини постійних витрат

$$\sum_{i=1}^k E_i ,$$

де k – кількість ТЗ у даному варіанті комплектації.

4.2. Для кожного з отриманих варіантів комплектації ТЗ перебираються всі можливі варіанти впорядкування ТЗ, тобто порядку проходження кожного з ТЗ обраного типу при обході ПС, згідно із знайденою послідовністю.

4.3. Для кожного варіанта впорядкування ТЗ перебираються всі можливі варіанти завантаження ТЗ.

4.4. Кожен варіант завантаження аналізується на предмет можливості повторного використання ТЗ одного типу – рішення задачі про упаковку в контейнери. Оптимальною буде упаковка з мінімальним значенням величини постійних витрат

$$\sum_{i=1}^k E_i ,$$

де k – кількість ТЗ в даному варіанті упаковки, при виконанні обмеження на термін доставки. За результатами упаковки обчислюються постійні витрати і будуються оцінки про перспективу упаковки наступного варіанта комплектації.

5. За результатами опрацьованих циклів перебору і аналізу варіантів комплектації, впорядкування, завантаження та упаковки вибирається оптимальний за величиною постійних витрат варіант планування вантажоперевезень ТЗ, необхідних для виконання поточних замовлень з дотриманням заданих обмежень

$$\max_{i=1 \dots k} (T_i) \leq T^{MAX} .$$

Для обраного плану відновлюються маршрути руху кожного ТЗ. На виході маємо зведені дані по кожному ТЗ про його маршрут пересування.

Програмна реалізація. Задача планування вантажоперевезень складається з чотирьох підзадач (див. рис. 1), для кожної з яких було визначено алгоритм її розв'язання. Задача планування маршруту руху кожного ТЗ є найбільш складною і трудомісткою серед виділених підзадач. Тому для перевірки ефективності її розв'язання була побудована імітаційна модель транспортної мережі у вигляді графа, в якому загальна кількість вершин відповідає кількості пунктів доставки вантажів і пункту їх відправлення. Вага ребра графа – протяжність маршруту між двома пунктами у км. Вершина графа, яка відповідає пункту відправлення вантажів, умовно позначена символом “>>”, проміжні пункти перевезення вантажу не містять жодної іншої інформації, крім своєї назви, пункти доставки вантажів умовно позначені символом “<<”.

Запропонована в роботі модель ефективного планування маршруту руху транспортного засобу реалізована у вигляді прикладної програми для розв'язання загальної задачі про розвезення вантажів в обраній постановці. Написана програма на мові високого рівня С# в середовищі розробки MS Visual Studio 2010.

Програма дозволяє:

- працювати в зручному діалоговому режимі;
- зберігати, переглядати і коригувати вхідні дані;
- вводити вхідні дані з файлу на диску;
- записувати вхідні, проміжні та вихідні дані в окремі файли на диску;
- отримувати графічне зображення як вхідних даних, так і отриманих результатів.

На рис. 3 показано приклад роботи програми для визначення маршруту вантажоперевезення на вихідних даних, максимально наближених до реальних автодоріг. Маршрут, що проходить через участки 39-53-155-39 – це знайдений оптимальний маршрут перевезення вантажу від відправника до споживача.

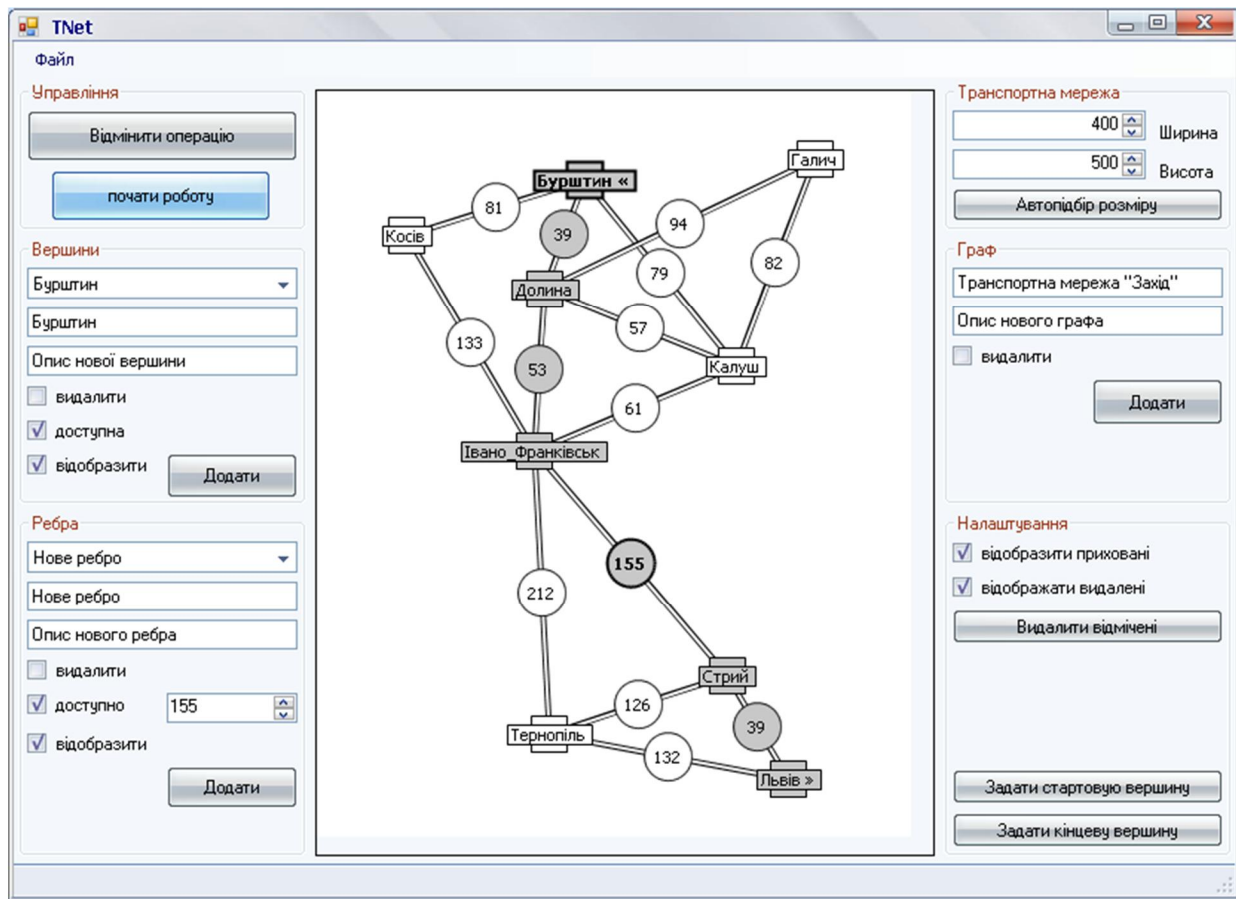


Рис. 3. Приклад роботи програми

Були проведені обчислювальні експерименти, що підтверджують можливість застосування розроблених моделі і програми для розв'язання задачі планування перевезень вантажів транспортними засобами.

Висновки

Отже, в підсумку проведення досліджень і реалізації розробок були досягнуті наступні результати:

- проведено системний аналіз проблеми планування вантажоперевезень;

- зроблено висновок про необхідність розробки ефективного рішення проблеми за рахунок застосування математичних методів та інформаційних технологій;

- сформульовано формальну постановку задачі планування вантажоперевезень, яка відповідає реальним виробничим умовам;

- отримано набір спрощувальних припущень, що визначають різні приватні підзадачі загальної задачі про розвезення вантажів;

- створено базовий варіант моделі процесу планування вантажоперевезень, який дозволяє вирішити поставлену задачу в умовах

багатокритеріальності і наявності тимчасових обмежень;

- складено зведений алгоритм розв'язання задач визначення оптимальної завантаженості транспортного засобу і планування маршруту його пересування для досягнення мети розвезення вантажів;

- розроблено прикладну програму для знаходження оптимального маршруту перевезення вантажу від одного відправника до декількох споживачів;

- проведено обчислювальні експерименти, що підтверджують достовірність отриманих результатів.

Напрямом подальших досліджень є:

- проведення аналізу ефективності побудованих моделей і алгоритмів;

- удосконалення програмно-математичного апарату розв'язання поставленої задачі в умовах багатокритеріальності;

- створення комплексу прикладних програм щодо повного розв'язання задачі планування вантажоперевезень, яка складається з чотирьох підзадач з розробленими алгоритмами їх рішення.

Список літератури

1. Land H. and Doig A.G. *An automatic method of solving discrete programming problems*, – 1960 – P. 497-520.
2. Бенсон Д., Уайтхед Дж. *Транспорт и доставка грузов: Пер с англ / Д Бенсон, Дж. Уайтхед // – М.: Транспорт, 2002. – 158 с.*
3. Гаджинский А.М. *Основы логистики: Учеб. пособие / А.М. Гаджинский // М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. – 230 с*
4. Глогусь О.В. *Логістика: Навч. посіб./ О.В. Глогусь // Тернопіль: Економічна думка, 1998. – 166 с.*
5. Денисенко М.П., Левковець П.Р., Михайлова Л.І. *Організація та проектування логістичних систем: Підручник / М.П. Денисенко, П.Р. Левковець, Л.І. Михайлова // К.: Центр учбової літератури, 2010. – 323 с.*

6. Житков, В.А. *Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / В.А. Житков, К.В. Ким // М.: Транспорт, 2002. – 183 с.*
7. Кормен Т. *Частина VI. Алгоритми для роботи з графами / Кормен Т. // Алгоритми: побудова й аналіз. – М.: «Вільямс», 2006. – С.47-51.*
8. Курганов В.М. *Логистические транспортные потоки. / В.М. Курганов // М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2003. – 253 с.*

Рецензент: д.т.н., проф. А.О. Мельник, Національний університет «Львівська Політехніка», Львів.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В ВОЕННОЙ ЛОГИСТИКЕ

Т. А. Матвейчук

В статье построен и исследован базовый вариант модели планирования грузоперевозок. Она состоит из последовательности отдельных подзадач и системы упрощающих предположений, что позволяет решать поставленную задачу в условиях многокритериальности и наличии часовых ограничений. Для составления поэтапного плана перевозок грузов предложено сводный алгоритм решения базовой задачи по организации грузопотока. Для реализации рассмотренных идей разработана и протестирована прикладная программа для нахождения в транспортной сети оптимального маршрута перевозки грузов от одного отправителя нескольким получателям.

Ключевые слова: планирование грузоперевозок, оптимальный маршрут, модель, граф, логистика.

MODELING AND PROGRAMME OF THE PLANNING PROCESS CARGO TRANSPORTATION IN MILITARY LOGISTICS

T. Matveychuk

The article is built and investigated the basic version of the model transportation planning. It consists of a sequence of individual subtasks and simplifying assumptions of the system, that allows to solve the task in a multicriteriality and availability of time constraints. For the preparation of a phased plan for the combined transport of goods suggested algorithm for solving the basic task of the organization of traffic. To implement the ideas discussed developed and tested an application for a finding of the transport network in the optimal route of transportation of goods from one sender to multiple recipients.

Keywords: transportation planning, optimal route, model, graph, logistics.