

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

ДУНАЄВСЬКА ОЛЬГА ІГОРІВНА



УДК 658.7.519.85

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ КЕРУВАННЯ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИМИ
ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ
ПОПИТУ ТА ВАРТОСТІ ТРАНСПОРТУВАНЬ**

Спеціальність 05.13.03 – системи та процеси керування

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків–2013

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, доцент
Сіра Оксана Володимирівна,
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут",
м. Харків, професор кафедри комп'ютерного моніторингу
і логістики

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Петров Едуард Георгійович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, завідувач кафедри системотехніки

кандидат технічних наук
Козьмін Юрій Семенович,
Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України,
м. Харків, науковий співробітник відділу
технології вирощування монокристалів

Захист відбудеться „__” _____ 2013 р. о 14.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.14 в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий „__” _____ 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Ліберг І.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При управлінні матеріальними, інформаційними та іншими потоками у сучасних умовах господарювання використовують методи аналізу, синтезу, проектування та моделювання систем керування технічними, технологічними та економічними процесами.

Транспортна задача є частним випадком загальної задачі керування матеріальними потоками. У канонічній постановці транспортна задача полягає у знаходженні двоіндексного детермінованого оптимального плану перевезень деякого однорідного вантажу споживачам.

Розробкою методів вирішення транспортних задач і різних їх модифікацій займалися: Д. Чарнс, Дж. Гасс, Т. Motzkin, Е. Shell, К. Halley, А. Corban, М. Cerches, В. Dantzig, С. Mihi, М. Vlach, J. Moravec, G. Smith, Д.Б. Юдін, Є.Г. Гольштейн, Б.С. Верховський, В.А. Смелянов, В.В. Іванов та інші. Детально розглянуті лінійні моделі та методи вирішення класичних двоіндексних транспортних задач, а також деякі принципові питання постановки і вирішення багатоіндексних транспортних задач, засновані на методах ефективного перебору. Однак, при цьому лише побіжно зачіпаються проблеми пов'язані з невизначеністю вихідних даних і високою розмірністю таких задач.

Існують і певні проблеми з удосконаленням методів вирішення нелінійних транспортних задач. Ефект нелінійності виникає, по-перше, внаслідок природнього бажання врахувати більш адекватні, ніж лінійні, залежності вартості транспортувань від обсягу перевезеного вантажу, і, по-друге, в результаті побудови моделей транспортних задач, параметри яких не можуть бути оцінені точно і мають, зокрема, стохастичний характер.

У зв'язку з цим проблема розробки моделей та методів вирішення детермінованих і стохастичних нелінійних багатоіндексних транспортних задач є актуальною і перспективною, та визначила напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ „ХПІ”. Здобувач брав участь у виконанні наступної держбюджетної НДР МОН України: „Розробка математичних моделей і методів розв'язання задач керування виробництвом у нечітких умовах” (ДР № 0106U005166); в господарсько-договірних темах: „Управління технічним обслуговуванням багатоеlementної системи розподілу води” (КП ВТП „Вода”, м.Харків), „Розробка електронної технологічної карти виробничо-логістичної системи вирощування сільськогосподарських культур” (Українська академія аграрних культур, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААНУ, м.Харків).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є керування транспортними потоками у системі „виробники – проміжні центри – споживачі” за умов невизначеності на основі розробки математичного та інформаційного забезпечення розв'язання багатоіндексних нелінійних задач керування.

Поставлена мета досягається вирішенням наступних задач:

- розробити методики розрахунку статистичних характеристик вартості транспортування на ділянці дороги з урахуванням основних впливаючих факторів (загальна довжина дороги і складових її ділянок, категорія дороги, тип покриття і його стан в залежності від погодних умов, витрата пального в залежності від типу транспортного засобу, швидкості руху, тощо);
- удосконалити методи розв'язання багатоіндексних лінійних транспортних задач;
- запропонувати методи вирішення задачі комівояжера для моделей високої розмірності з використанням генетичних алгоритмів;
- запропонувати методи вирішення нелінійних транспортних задач для багатоіндексних моделей;
- розробити методи вирішення транспортних задач за умов невизначеності: випадковий попит, випадкова та нечітка вартість перевезень.

Об'єкт дослідження - процес керування багатоміністерними транспортними потоками за умов невизначеності.

Предмет дослідження - моделі та методи керування потоками за умов невизначеності.

Методи дослідження. Теоретичні основи дисертаційного дослідження базуються на фундаментальних положеннях теорії керування, використані теоретико-вірогідні методи розрахунку чисельних характеристик при визначенні статистичних характеристик вартості транспортувань. Методи побудови та поліпшення початкових планів задач лінійного та нелінійного програмування у детермінованій, стохастичній та нечіткій постановках для оптимізації керування транспортуваннями за умов невизначеності. Генетичний алгоритм використан для вирішення задач маршрутизації високої розмірності.

Наукова новизна одержаних результатів:

Вперше розроблено:

- модель багатоіндексних лінійних транспортних задач, яка склала основу побудови ефективної процедури розрахунку початкового опорного плану;
- технологія багатокрокової кластеризації, для вирішення задачі комівояжера високої розмірності;
- методи вирішення багатоіндексних нелінійних транспортних задач, засновані на доведених теоремах, які дозволили побудувати ітераційну процедуру зведення початкових задач до задач меншої розмірності.

Удосконалені:

- технологія поліпшення плану на кожній ітерації рішення багатоіндексних транспортних задач, яка суттєво прискорила процедуру отримання оптимальної схеми керування;
- технологія вирішення транспортних задач зі стохастичним попитом, заснована на перетворенні початкової задачі до двоїстої, що дозволило істотно прискорити вирішення задач високої розмірності.

Отримали подальший розвиток:

- метод вирішення транспортної задачі з випадковими вартостями, що зводить початкову стохастичну задачу у звичайну задачу дробово-квадратичної оптимізації;
- метод вирішення нечітких багатоіндексних транспортних задач, який дозволив звести початкову задачу до двоіндексної чіткої задачі математичного програмування.

Практичне значення одержаних результатів для процесів керування потоками полягає у розробці моделей та методів націлених на вирішення задачі керування транспортуванням з урахуванням багатоіндексності та нелінійності, які реалізовані на програмному рівні для використання в реальних задачах управління потоками у системі „постачальники – проміжні центри - споживачі”.

Обґрунтовані методи вирішення багатоіндексних задач практично використані при вирішенні конкретної задачі керування розподілом електроенергетичних потоків з урахуванням нерівномірності споживання електроенергії на підприємстві ТОВ „НВП „ІНТЕП” (м.Харків), та при вирішенні задач раціонального розподілу багатовимірного ресурсу у Інституті інформатики і управління НАН та МОН України (м.Харків). Запропоновані методи можуть бути ефективно використані при керуванні транспортуванням у системах „виробники - проміжні центри - споживачі” з урахуванням відмінностей в типі вантажу і виду транспортних засобів.

Розроблені теоретичні методи використані у навчальному процесі на кафедрі комп’ютерного моніторингу і логістики НТУ „ХП” в курсах „Математичні методи дослідження операцій” та „Моделювання економічних ризиків”.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, що виносяться на захист, отримані здобувачем особисто. Серед них - метод формування критерію ефективності транспортувань за умов невизначеності; технологія оцінки ефективності двошагової кластеризації у задачі комівояжера високої розмірності; метод декомпозиції початкової багатоіндексної задачі до сукупності задач меншої індексності; метод перетворення початкової нечіткої задачі до чіткої задачі математичного програмування; розробка імітаційної моделі для оцінки тривалості очкування прогрессора у генетичному алгоритмі; метод формування критерію ефективності у нечіткій транспортній задачі; обґрунтовано комплексний критерій ефективності рішення нечіткої нелінійної транспортної задачі.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися і обговорювалися на: IV Всеукраїнській науково-практичній конференції „Современные задачи прикладной статистики, промышленной, актуарной и финансовой математики” (Донецьк, 2008); XX Міжнародної науково-практичної конференції „Проблеми інформатики і моделювання” (Харків, 2010); XIX Міжнародної науково-практичної конференції „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” (Харків, 2011); 14-й Міжнародній науково-технічній конференції SAIT 2012 „Системний аналіз та інформаційні технології” (Київ, 2012); XIX Міжнародної науково-

практичної конференції „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я” (Харків, 2012), IX mezinárodní vědecko - praktická konference „Věda a vznik - 2012/2013” (Прага, 2013).

Публікації. Основні положення дисертації викладені у 12 роботах, серед яких: 6 статей у фахових виданнях України, 6 – у матеріалах конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг друкованого тексту становить 181 сторінки, з них 11 рисунків і 8 таблиць по тексту, список джерел використовуваних складається з 128 найменувань на 13 сторінках, додатки на 4 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми, визначається зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, формулюється мета і задачі дослідження, наукова новизна одержаних результатів та їх практичне значення, наводяться дані про апробацію та публікації результатів роботи.

У першому розділі міститься загальна постановка задачі керування транспортуванням, яка сформульована у термінах теорії керування. Проводиться аналіз комплексу задач планування і керування перевезеннями, систематизовані узагальнення канонічної задачі, що приводять до багатоіндексних моделей високої розмірності. Аналізуються моделі, що враховують неповноту та неточність вихідної інформації. Обґрунтовується необхідність розгляду нелінійних моделей задач транспортування та методи їх вирішення. На основі узагальнення досліджень, які проводяться у галузі процесів керування перевезеннями визначені основні невирішені задачі та сформульовано напрямок досліджень.

Другий розділ присвячено питанням інформаційного забезпечення методик вирішення транспортних задач за умов невизначеності.

Розроблена методика розрахунку статистичних характеристик вартості перевезення вантажу для довільної пари пунктів. Враховується, що на величину цієї вартості складним чином впливає значна кількість різноманітних факторів (загальна довжина дороги і складових її ділянок, категорія дороги, тип покриття і його стан в залежності від погодних умов, витрата пального в залежності від типу транспортного засобу, швидкості руху, тощо).

Введено регресійне співвідношення, що зв'яже середню вартість перевезення одиниці вантажу на одиницю довжини з значеннями факторів, що впливають, у вигляді лінійного за параметрами, але нелінійного по факторам полінома Колмогорова - Габора

$$C = a_0 + a_1 F_1 + \dots + a_k F_k + a_{11} F_1^2 + \dots + a_{kk} F_k^2 + a_{12} F_1 F_2 + \dots + a_{k-1,k} F_{k-1} F_k, \quad (1)$$

де F_1 - довжина ділянки дороги, F_2 - середній розрахунок пального на одиницю довжини, F_3 - витрати на оплату праці водіїв, F_4 - вартість одного літра

пального, F_5 - нормативна вага автомобіля з вантажем, F_6 - лобова площа, F_7 - коефіцієнт опору повітря, F_8 - коефіцієнт коригування витрати палива, F_9 - категорія дороги, F_{10} - тип покриття, F_{11} - стан покриття, F_{12} - тип рельєфу місцевості, F_{13} - інтенсивність руху на ділянці, F_{14} - число смуг на ділянці.

Регресійні коефіцієнти (1) оцінені методом найменших квадратів. Отриманні значення введені у лінію регресії, яка дозволяє розрахувати значення середньої вартості транспортування для будь-якого набору факторів. При цьому використана база реальних даних про характеристики сукупності ділянок доріг та відповідних вартостях перевезень. При розрахунку дисперсії вартості враховані довжини ділянки дороги, інтенсивність руху і число смуг.

Розраховано матрицю вартостей оптимальних маршрутів для сукупності пар (постачальник - споживач). Для вирішення задачі введений граф, n вершин якого є пункти постачання та споживання, а також точки перетину магістралей. Дільницям магістралей, що з'єднують різні пункти, відповідають дуги графа, які оцифровані значеннями «відстаней» між цими пунктами. Введена матриця $R^{(1)} = (r_{ij}^{(1)})$ довжин дуг, що з'єднують безпосередньо вершини графа. Відшукується матриця найкоротших дволанкових шляхів між усіма парами вершин графа. Для деякої пари вершин (i, j) існує кілька дволанкових шляхів: (i, k_1, j) , (i, k_2, j) , ..., (i, k_s, j) . Для відшукування найкоротшого з них з використанням матриці відстаней $R^{(1)}$ введена спеціальна операція \otimes «перемноження» матриць за правилом: для двох довільних квадратних матриць A і B , $\dim A = \dim B = n \times n$, їх композиція $C = A \otimes B$ розраховується за формулою:

$$c_{ij} = \min_k (r_{ik}^{(1)} + r_{kj}^{(1)}, r_{i2}^{(1)} + r_{2j}^{(1)}, \dots, r_{ik}^{(1)} + r_{kj}^{(1)}, \dots, r_{in}^{(1)} + r_{nj}^{(1)}), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Обчислене таким чином значення c_{ij} визначає найкоротший дволанковий шлях між (i, j) . Тоді матриця найкоротших дволанкових шляхів між будь-якою парою величин отримується за формулою $R^{(2)} = R^{(1)} \otimes R^{(1)}$.

Процедура розрахунку оптимальних маршрутів триває відповідно до співвідношення $R^{(k)} = R^{(k-1)} \otimes R^{(1)}$ до тих пір, поки на черговому кроці не буде виконана рівність $R^{(k)} = R^{(k-1)}$.

У третьому розділі запропоновано вирішення багатоіндексних лінійних і нелінійних детермінованих транспортних задач.

Для багатоіндексних транспортних задач введена формальна модель. Задана множина $S = \{1, 2, \dots, s\}$, що містить перші S чисел натурального ряду. Кожному числу $l \in S$ поставлено у відповідність індекс j_l , який може приймати одне з багатьох $J_l = \{1, 2, \dots, n_l\}$ значень. набір індексів $\{j_1, j_2, \dots, j_s\}$ формує S -мірний індекс F . Ясно, що існує

$$N = \prod_{l=1}^s n_l \text{ різних } S\text{-мірних індексів } F, \text{ що утворюють множину } E = \{F_1, F_2, \dots, F_N\}.$$

Кожному S -індексному елементу

$F = \{j_1, j_2, \dots, j_s\}$ поставлено у відповідність число $X_{j_1 j_2 \dots j_s} = X_F$, які в сукупності формують S -індексну матрицю $\{X_F\}$, що містить N елементів.

Введено непорожню довільну підмножину $f_i = \{k_1^i, k_2^i, \dots, k_{t_i}^i\}$ множини S . При цьому $j_{k_1^i} \in \{1, 2, \dots, n_{k_1^i}\} = J_{k_1^i}$, $j_{k_2^i} \in \{1, 2, \dots, n_{k_2^i}\} = J_{k_2^i}$, ..., $j_{k_{t_i}^i} \in \{1, 2, \dots, n_{k_{t_i}^i}\} = J_{k_{t_i}^i}$. Кожній такій підмножині відповідає підмножина індексів $F_i = \{j_{k_1^i}, j_{k_2^i}, \dots, j_{k_{t_i}^i}\} \subset F$. Сукупність усіх компонент S -індексної матриці $\{X_F\}$ з фіксованими індексами $F_i = \{k_1^i, k_2^i, \dots, k_{t_i}^i\}$ утворює $(S - t_i)$ -мірний переріз S -індексної матриці орієнтації \overline{F}_i , $\overline{F}_i = F / F_i$.

Крім того, введена повна сума чисел $X_{j_1 j_2 \dots j_s}$

$$\sum_{j_1 \in J_1} \sum_{j_2 \in J_2} \dots \sum_{j_s \in J_s} X_{j_1 j_2 \dots j_s} = \sum_E X_F,$$

а також часні суми цих чисел виду

$$\sum_{j_{k_1^i} \in J_{k_1^i}} \sum_{j_{k_2^i} \in J_{k_2^i}} \dots \sum_{j_{k_{t_i}^i} \in J_{k_{t_i}^i}} X_{j_1 j_2 \dots j_s} = \sum_{E_i} X_F, \quad E_i = J_{k_1^i} \times J_{k_2^i} \times \dots \times J_{k_{t_i}^i}.$$

Кожному S -індексному елементу $\{j_1, j_2, \dots, j_s\}$ поставлено у відповідність число $C_{j_1 j_2 \dots j_s} = C_F$, які в сукупності утворюють матрицю $\{C_F\}$.

Така модель дозволяє сформулювати загальну транспортну задачу довільної індексності, як задачу відшукування набору $\{X_F\}$, що мінімізує

$$L(X) = \sum_E C_F X_F \quad (2)$$

і задовольняє обмеженням

$$\begin{aligned} \sum_{E_1} X_F &= b_{\overline{F}_1}^{(1)}, \quad \overline{F}_1 \in \overline{E}_1 = E \setminus E_1, \\ \sum_{E_2} X_F &= b_{\overline{F}_2}^{(2)}, \quad \overline{F}_2 \in \overline{E}_2 = E \setminus E_2, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \dots \dots \dots \\ \sum_{E_m} X_F &= b_{\overline{F}_m}^{(m)}, \quad \overline{F}_m \in \overline{E}_m = E \setminus E_m, \\ X_F &\geq 0, \quad F \in E. \end{aligned} \quad (4)$$

Якщо числа елементів в кожному з підмножин $J_{k_1^i}, J_{k_2^i}, \dots, J_{k_{t_i}^i}$ однакові і рівні, наприклад, n , і, крім того, підмножини, F_i , $i \in \{1, 2, \dots, m\}$, являють собою всілякі поєднання з S елементів множини F по d , $m = C_S^d$, то для вирішення

отриманої S -індексної d -гіперпланарної транспортної задачі (2) – (4) запропоновано алгоритм, що містить наступні три етапи:

- На першому етапі формується початковий опорний план X , що задовольняє всім обмеженням.
- На другому етапі перевіряється деяка умова - ознака оптимальності отриманого плану. Якщо ця ознака виконується, то план X - оптимальний, в іншому випадку переходять до третього етапу.
- На цьому етапі формується новий план, значення цільової функції задачі на якому не гірше, ніж значення цієї функції на попередньому плані. Цей план перевіряється на оптимальність і, в разі його неоптимальності, формується черговий план.

При виконанні деяких природних умов зазначена процедура призводить до отримання рішення через кінцеве число кроків. Характерною ознакою для всіх багатоіндексних задач керування є висока розмірність. При високій розмірності задачі важко формалізованими стають традиційні процедури, що використовують метод «північно-західного кута» або методи мінімального елемента в перерізах матриці $\{C_F\}$. У зв'язку з цим для побудови початкового плану в роботі запропоновані співвідношення, які для найпростішого окремого випадку триіндексної задачі мають вигляд

$$X_{j_1 j_2 j_3} = \frac{b_{j_1 j_2}}{n_3} + \frac{b_{j_1 j_3}}{n_2} + \frac{b_{j_2 j_3}}{n_1} - \frac{b_{j_3}}{n_1 n_2} - \frac{b_{j_2}}{n_1 n_3} - \frac{b_{j_1}}{n_2 n_3} + \frac{S}{n_1 n_2 n_3},$$

$$\text{де } b_{j_1} = \sum_{j_2=1}^{n_2} b_{j_1 j_2}, \quad b_{j_2} = \sum_{j_3=1}^{n_3} b_{j_2 j_3}, \quad b_{j_3} = \sum_{j_1=1}^{n_1} b_{j_1 j_3}, \quad S = \sum_{j_1=1}^{n_1} \sum_{j_3=1}^{n_3} b_{j_1 j_3}.$$

Використання цього співвідношення дозволяє одержати початковий опорний план шляхом розрахунку за формулами, не вдаючись до стандартних трудомістких алгоритмічних процедур. Цей початковий опорний план далі використовується при реалізації другого та третього етапів отримання рішення задачі.

Точне рішення багатоіндексної транспортної задачі може бути отримано методом потенціалів. У зв'язку з трудомісткістю та обчислювальною складністю отримання рішення зі збільшенням розмірності задачі, для прискорення вирішення задачі запропоновано ефективний прийом, що складається із нуля - перетворення початкової матриці вартостей. Це перетворення для транспортної задачі довільної індексності має вигляд:

$$C_{j_1 j_2 \dots j_s}^{(0)} = C_{j_1 j_2 \dots j_s} - (\alpha_{j_1 j_3 \dots j_s}^{(1)} + \alpha_{j_1 j_3 \dots j_s}^{(2)} + \dots + \alpha_{j_1 j_3 \dots j_s}^{(s)}),$$

де

$$\alpha_{j_2 j_3 \dots j_s}^{(1)} = \min_{j_1} \{C_{j_1 j_2 \dots j_s}\},$$

$$\alpha_{j_1 j_3 \dots j_s}^{(2)} = \min_{j_2} \{C_{j_1 j_2 \dots j_s} - \alpha_{j_2 j_3 \dots j_s}^{(1)}\},$$

$$\alpha_{j_1 j_2 \dots j_{s-1}}^{(s)} = \min_{j_s} \left\{ C_{j_1 j_2 \dots j_s} - \alpha_{j_2 j_3 \dots j_s}^{(1)} - \dots - \alpha_{j_1 j_2 \dots j_{s-2} j_s}^{(s-1)} \right\}.$$

Сутність запропонованої процедури поліпшення отриманого плану стосовно до триіндексної транспортної задачі полягає у реалізації обчислювальної процедури. З триіндексної матриці $\{x_{j_1 j_2 j_3}\}$ виділяється довільна підматриця розміру $2 \times 2 \times 2$ з компонентами $x_{j_1 j_2 j_3}$, $j_1 \in \{j_1^{(0)}, j_1^{(1)}\} = J_1^{(\ominus)}$, $j_2 \in \{j_2^{(0)}, j_2^{(1)}\} = J_2^{(\ominus)}$, $j_3 \in \{j_3^{(0)}, j_3^{(1)}\} = J_3^{(\ominus)}$, яка позначається через $X_0 = X_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}$. З цією підматрицею зв'язуються дві підматриці

$$\tilde{X} = \tilde{X}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}} \text{ і } \tilde{\tilde{X}} = \tilde{\tilde{X}}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}, \text{ компоненти яких задаються співвідношеннями}$$

$$\tilde{x}_{j_1 j_2 j_3} = \begin{cases} x_{j_1 j_2 j_3} - \tilde{\theta}, & (j_1 j_2 j_3) \in E_0 \{ (j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)}), (j_1^{(0)}, j_2^{(1)}, j_3^{(1)}), (j_1^{(1)}, j_2^{(0)}, j_3^{(0)}), (j_1^{(1)} j_2^{(0)} j_3^{(1)}), \\ x_{j_1 j_2 j_3} + \tilde{\theta}, & (j_1 j_2 j_3) \in E_1 \{ (j_1^{(0)} j_2^{(1)} j_3^{(0)}), (j_1^{(1)}, j_2^{(0)}, j_3^{(0)}), (j_1^{(0)}, j_2^{(0)}, j_3^{(1)}), (j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}), \end{cases}$$

$$\text{де } \tilde{\theta} = \min_{(j_1 j_2 j_3) \in E_0} \{x_{j_1 j_2 j_3}\}, \tilde{\tilde{x}}_{j_1 j_2 j_3} = \begin{cases} x_{j_1 j_2 j_3} + \tilde{\theta}, & (j_1 j_2 j_3) \in E_0, \\ x_{j_1 j_2 j_3} - \tilde{\theta}, & (j_1 j_2 j_3) \in E_1, \end{cases}, \tilde{\theta} = \min_{(j_1 j_2 j_3) \in E_1} \{x_{j_1 j_2 j_3}\}.$$

При цьому, якщо $\tilde{\theta} = 0$, то $X_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}} = \tilde{X}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}$;

якщо $\tilde{\theta} = \tilde{\theta} = 0$, то $X_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}} = \tilde{X}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}} = \tilde{\tilde{X}}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}$.

Таким чином в плані $X = \{x_{j_1 j_2 j_3}\}$ можна елементарну матрицю $X_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}$ замінити на

$\tilde{X}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}$ або на $\tilde{\tilde{X}}_{j_1^{(0)} j_2^{(0)} j_3^{(0)} j_1^{(1)} j_2^{(1)} j_3^{(1)}}$, не порушуючи при цьому обмежень задачі.

Значення C , \tilde{C} і $\tilde{\tilde{C}}$ розраховуються за формулами

$$C = \sum_{j_1 \in J_1^{(\ominus)}} \sum_{j_2 \in J_2^{(\ominus)}} \sum_{j_3 \in J_3^{(\ominus)}} C_{j_1 j_2 j_3} x_{j_1 j_2 j_3},$$

$$\tilde{C} = \sum_{j_1 \in J_1^{(\ominus)}} \sum_{j_2 \in J_2^{(\ominus)}} \sum_{j_3 \in J_3^{(\ominus)}} C_{j_1 j_2 j_3} \tilde{x}_{j_1 j_2 j_3},$$

$$\tilde{\tilde{C}} = \sum_{j_1 \in J_1^{(\ominus)}} \sum_{j_2 \in J_2^{(\ominus)}} \sum_{j_3 \in J_3^{(\ominus)}} C_{j_1 j_2 j_3} \tilde{\tilde{x}}_{j_1 j_2 j_3}.$$

Значення C , \tilde{C} і $\tilde{\tilde{C}}$ порівнюються за величиною, та оберається з них мінімальне. Якщо мінімальним виявилось число \tilde{C} , то підматрицю X_0 замінюється на \tilde{X} , зменшивши при цьому значення цільової функції задачі. Якщо найменшим виявилось число $\tilde{\tilde{C}}$, то підматриця X_0 замінюється на $\tilde{\tilde{X}}$. Якщо, нарешті, найменшим є C , то формується нова підматриця X_0

і вся процедура повторюється. Таким чином, процедура поліпшення плану задачі складається з елементарних перетворень і реалізується найпростішим перебором підматриць X_0 .

Запропонований алгоритм протестован на одній з найбільш важких комбінаторних задач цілочисельного лінійного програмування - так звана задача комівояжера.

Математична постановка цієї задачі має вигляд: знайти матрицю $X = \{x_{ij}\}$ булевих змінних, що мінімізувала

$$L(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij},$$

компоненти, якої задовольняють обмеженням

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \\ u_i - u_j + nx_{ij} &\leq n - 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Тут n - число пунктів, c_{ij} - відстань між пунктами (i, j) , x_{ij} - індикатор, що дорівнює одиниці, якщо в маршруті мається ланка, що з'єднає безпосередньо пункти (i, j) , і рівний нулю в іншому випадку.

Для вирішення задачі високої розмірності ($20 < n < 100$) ефективним є використання генетичних алгоритмів (ГА). Для вирішення задачі комівояжера істотно більш високої розмірності ($n > 100$) запропоновано наступну декомпозиційну двоетапну процедуру.

а) На першому етапі уся безліч пунктів шляхом вирішення задачі кластеризації розбивається на деяку кількість компактних груп. Потім кожен з отриманих кластерів розглядається як точка, положення якої визначається центром ваги кластера. Для отриманої таким чином сукупності точок вирішується задача комівояжера. В результаті першого етапу отримується оптимальний маршрут обходу груп. На завершення цього етапу для кожної пари сусідніх на маршруті обходу груп відшукується найкоротша «перемичка», що сполучає групи. Таким чином, в кожній групі визначається пункт входу та пункт виходу.

б) На другому етапі процедури для кожної групи вирішується задача комівояжера з урахуванням визначених на попередньому етапі пунктів початку та кінця маршруту.

Така декомпозиційна процедура розширює можливості застосування генетичних алгоритмів для розв'язання задачі комівояжера до 500 - 600 пунктів. Разом з тим, в реальній практиці виникає необхідність вирішення задач ще

більш високої розмірності (тисячі пунктів), у наслідок того, що практичне застосування будь-якої процедури відшукування найкоротшого маршруту можливо тільки, якщо знайдений маршрут деталізовано з точністю до перехресть вулиць та магістралей. При цьому число вузлів транспортної мережі зростає не менш, ніж на порядок. Запропоновано процедуру подолання виниклої проблеми обчислювальної складності задачі за рахунок використання двократної її декомпозиції. При організації цієї процедури принциповим є питання про раціональне число кластерів.

В роботі доводиться, що оптимальне число кластерів x_1 на першому етапі декомпозиції та оптимальне число кластерів x_2 на другому етапі визначається за формулами:

$$x_1^* = n^{\frac{b^2}{3b^2-3b+1}} \left(\frac{b-1}{b} \right)^{\frac{3b-1}{3b^2-3b+1}} ;$$

$$x_2^* = n^{\frac{(b-1)b}{3b^2-3b+1}} \left(\frac{b}{b-1} \right)^{\frac{1}{3b^2-3b+1}}, \quad b = 3,13.$$

Співвідношення для виграшу при використанні двошагової декомпозиції має вигляд

$$\eta^{(2)}(n) = \frac{n^{\frac{2b^2-3b+1}{3b^2-3b+1}}}{\left(\frac{b-1}{b} \right)^{\frac{2b-1}{3b^2-3b+1}} \frac{3b^2-3b+1}{(b-1)b}} \cong \frac{1}{2.86} \cdot n^{2.52}$$

та представлено на рис.1.

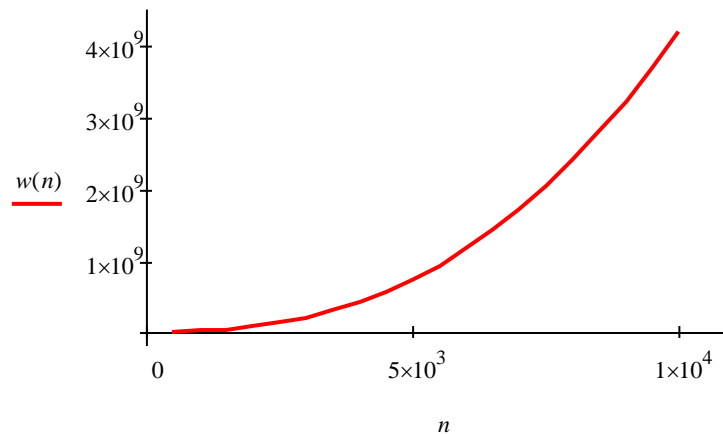


Рис. 1. Графік залежності виграшу при використанні двошагової декомпозиції від числа пунктів.

Таким чином, застосування двошагової декомпозиційної процедури практично знімає обмеження на розмірність задачі, реальне значення якої визначається не тільки числом пунктів, але і, більшою мірою, розташуванням вулиць і перехресть.

З метою підвищення ефективності роботи ГА вирішена задача оцінювання раціональної тривалості очікування роботи алгоритму до останову.

Запропоновані методи вирішення багатоіндексних нелінійних транспортних задач, у випадках коли необхідно враховувати, що вартість перевезення залежить не тільки від пари «постачальник-споживач», але також від типу вантажу, що перевозиться, типу використовуваних транспортних засобів, тощо.

Для цього введена множина наборів номерів характеристик, які задають транспортування, наступним чином:

$I_q = \{1, 2, \dots, i_q, \dots, n_q\}$ - набір номерів типів q -й характеристики транспортування.

Набір (i_1, i_2, \dots, i_q) - однозначно задає умови конкретного транспортування, характеристики якого визначаються значеннями відповідних індексів. Нехай $\varphi_{i_1 i_2 \dots i_q}(x_{i_1 i_2 \dots i_q})$ - опукла до низу функція, що визначає вартість транспортувань $x_{i_1 i_2 \dots i_q}$ одиниць вантажу в умовах (i_1, i_2, \dots, i_q) . Тоді для задачі мінімізації сумарної вартості транспортувань цільова функція має вигляд

$$\Phi(x) = \sum_{i_1=1}^{n_1} \sum_{i_2=1}^{n_2} \dots \sum_{i_q=1}^{n_q} \varphi_{i_1 i_2 \dots i_q}(x_{i_1 i_2 \dots i_q}). \quad (5)$$

Набір $X = \{x_{i_1, i_2, \dots, i_q}\}$ повинен задовольняти обмеженням, характер яких визначається конкретно постановкою задачі. Зокрема, для багатоіндексних транспортних задач аксіальні обмеження мають вигляд:

$$\sum_{i_1=1}^{n_1} x_{i_1, i_2, \dots, i_q} = a_{i_2 i_3 \dots i_q}, \quad i_2 \in I_2, \dots, i_q \in I_q, \quad (6)$$

$$\dots$$

$$\sum_{i_q=1}^{n_q} x_{i_1, i_2, \dots, i_q} = a_{i_1, i_2, \dots, i_{q-1}}, \quad i_1 \in I_1, i_2 \in I_2, \dots, i_{q-1} \in I_{q-1}. \quad (7)$$

Тут $a_{i_2 i_3 \dots i_q}$ - сумарний обсяг вантажу, що транспортується в умовах (i_2, i_3, \dots, i_q) .

Технологія вирішення отриманої q - індексної аксіальної транспортної задачі (5) - (7) заснована на наступній теоремі, яка доведена в роботі.

Теорема. Для того, щоб набір $X^* = \{x_{i_1 i_2 \dots i_q}^*\}$ був рішенням задачі (5) - (6) необхідно і достатньо, щоб цей набір, задовольняв обмеженням (6) - (7) і мінімізував

$$\Phi(x_{i_2}, x_{i_2}, \dots, x_{i_s}, \dots, x_{i_q}) = \sum_{i_s=1}^{n_s} \varphi_{i_2 \dots i_s \dots i_q}(x_{i_2 \dots i_s \dots i_q})$$

для всіх $i_1 \in I_1, i_2 \in I_2, \dots, i_{s-1} \in I_{s-1}, i_{s+1} \in I_{s+1}, \dots, i_q \in I_q$ при будь-якому виборі s , тобто був оптимальним в будь-якому аксіальному перерізі.

У багатьох практичних задачах організації транспортувань характер обмежень призводить до співвідношень, структура яких відрізняється від (3). При цьому формальний опис обмежень має вигляд:

$$\sum_{i_2=1}^{n_2} \sum_{i_3=1}^{n_3} \dots \sum_{i_q=1}^{n_q} x_{i_2 \dots i_q} = a_{i_1}, \quad i_1 = 1, 2, \dots, n_1, \quad (8)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\sum_{i_1=1}^{n_1} \sum_{i_2=1}^{n_2} \dots \sum_{i_{q-1}=1}^{n_{q-1}} x_{i_1 \dots i_{q-1}} = a_{i_q}, \quad i_q = 1, 2, \dots, n_q, \quad (9)$$

a_{i_q} - сумарний обсяг вантажу, для якого q -а характеристика має тип i_q .

Виникаюча при цьому задача (5), (8) – (9) називається q -індексною ($q-1$) гіперпланарною нелінійною транспортною задачею. Запропонована в роботі методика вирішення такої багатоіндексної нелінійної транспортної задачі заснована на наступній доведеній теоремі.

Теорема. Для того, щоб набір $X^* = \{x_{i_1 \dots i_q}^*\}$ був рішенням задачі (5), (8) – (9) необхідно і достатньо, щоб цей набір, задовольняючи (8) – (9), мінімізував

$$\varphi^{(1)}(X) = \sum_{i_2=1}^{n_2} \dots \sum_{i_q=1}^{n_q} \varphi_{i_2 \dots i_q}(x_{i_2 \dots i_q}),$$

тобто був оптимальним у будь-якому планарному перерізі.

На основі запропонованих теорем багатоіндексні задачі редуковані до задач меншої індексності, використовуючи при вирішенні прості ітераційні процедури.

У четвертому розділі наведено результати розрахунку для транспортних задач зі стохастичним попитом. Відома детермінована постановка транспортної задачі не є реалістичною, оскільки не урахує, що можливості постачальників, потреби споживачів (попит на продукт), а також вартості перевезень є випадковими. В цих умовах отриманий план транспортувань теж повинен бути випадковим і його відшукання традиційними методами неможливо. При цьому особливу важливість має врахування компонентів сумарних витрат, пов'язаних з реалізацією планів $X = (x_{ij})$ задачі, що визначаються набором значень $b_j, j = 1, 2, \dots, n$. Цей набір впливає не тільки на величину і сумарну вартість

перевезень, але й на рівень витрат на зберігання нереалізованого продукту, і, крім того, на величину «штрафу» при виникненні дефіциту.

Для невизначеного попиту у j -му магазині визначається щільність розподілу випадкової величини попиту $\varphi_j(\theta)$. При цьому z_j - шуканий обсяг замовлення товару для j -го магазину, α_j - плата за зберігання одиниці товару в j -му магазині; β_j - вартість одиниці товару в j -му магазині при його реалізації; c_j - закупівельна вартість одиниці товару; $\underline{Z} = (z_1 \ z_2 \ \dots \ z_n)$ розподіл обсягів замовлення товару для сукупності магазинів, $j = 1, 2, \dots, n$, $X(\underline{Z})$ - нав'язуваний вектором \underline{Z} план транспортувань.

Для вирішення отриманої задачі запропоновано використовувати двоетапну ітераційну процедуру. На першому етапі кожної ітерації вирішується координуюча задача визначення набору векторів, Z_1, Z_2, \dots, Z_{n+1} , кожен з яких задає свій розподіл товару між пунктами споживання. На другому етапі ітерації вирішується набір звичайних транспортних задач, в яких вектори значень параметрів споживання Z_k , $k = 1, 2, \dots, n + 1$, задаються рішенням координуючої задачі. Для побудови загальної процедури вирішення задачі запропоновано використовувати метод Нелдера-Міда відшукування найкращого вектора \underline{Z} з алгоритмічно заданою цільовою функцією $L(X(\underline{Z}))$.

Одержуваний при цьому план перевезень мінімізує сумарну вартість доставки товару з урахуванням витрат на зберігання непроданої частини товару і втрат від його дефіциту. Однак, запропонована процедура сходиться до шуканого оптимального набору змінних $X(\underline{Z})$ вкрай повільно. У зв'язку з цим в роботі запропоновано інший підхід до вирішення цієї задачі, який пов'язан з переходом від початкової задачі до двоїстої їй задачі. Принципова перевага цієї ідеї полягає в тому, що невизначеність щодо попиту, яка у вихідній задачі міститься в обмеженнях, при перетворенні вихідної задачі в двоїсну переходить в цільову функцію, що істотно спрощує задачу. Для її вирішення запропоновано ітераційний алгоритм послідовного поліпшення плану.

Досліджена транспортна задача з випадковими вартостями перевезень. Для вирішення задачі введено критерій - ймовірність перевищення випадковою сумарною вартістю перевезень заданого порогу. При цьому показано, що обчислювальна процедура зводиться до ітераційного розв'язання послідовності задач квадратичного програмування.

Запропоновано метод вирішення нечітких багатоіндексних нелінійних транспортних задач, які виникають, коли параметри цільової функції з об'єктивних причин не можуть бути точно визначені і, в зв'язку з цим, описані, наприклад, у термінах нечіткої математики. Методика вирішення таких задач розглянута для окремого випадку, коли нечітко задані параметри цільової функції у двоіндексній задачі.

У цьому випадку цільова функція задачі має вигляд

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}^p,$$

причому параметри c_{ij} - нечіткі випадкові числа з функцією приналежності

$$\mu(c_{ij}) = \exp\left\{-\frac{(c_{ij} - c_{ij}^{(0)})^2}{2\sigma_{ij}^2}\right\}. \quad (10)$$

Процедура вирішення складається з двох етапів. На першому етапі вирішується чітка задача математичного програмування, яка виникає, якщо нечітким параметрам задачі c_{ij} надати значення, рівні модальному $c_{ij}^{(0)}$. Тоді цільова функція задачі набуде вигляду

$$F^{(0)}(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^{(0)} x_{ij}^p.$$

Для вирішення одержуваної чіткої задачі застосовується декомпозиційна методика, відповідно до якої спочатку для кожного $j_0 = 1, 2, \dots, n$ вирішується задача відшукування набору $X_{j_0} = \{x_{ij_0}\}$, що мінімізує

$$F_{j_0}^{(0)}(X_{j_0}) = \sum_{i=1}^m c_{ij_0}^{(0)} x_{ij_0}^p$$

та задовольняючого обмеженням $\sum_{i=1}^m x_{ij_0} = b_{j_0}$, $x_{ij_0} \geq 0$.

Рішення таких задач мають вид

$$x_{ij_0} = \frac{c_{ij_0}^{1-p}}{\sum_{i=1}^m c_{ij_0}^{1-p}} b_{j_0}, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Тепер отримані набори X_1, X_2, \dots, X_n підставляються у обмеження $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$,

$i = 1, 2, \dots, m$. Якщо при цьому всі вони задовольняються, то це рішення є оптимальним. В іншому випадку необхідно здійснити ітераційну корекцію наборів X_1, X_2, \dots, X_n за правилами, сформульованими у роботі. В результаті отримаємо точне рішення $X^{(0)}$ чіткої задачі.

На другому етапі в якості чіткого рішення початкової нечіткої задачі пропонується набір X , що володіє певними властивостями. По-перше, цей

набір повинен задавати максимально компактне тіло невизначеності, відповідне функції приналежності нечіткого значення цільової функції задачі. По-друге, цей набір повинен мінімально відхилятися від модального набору $X^{(0)}$. Рівень компактності тіла невизначеності для функції приналежності $\mu(F(X))$ нечіткого значення цільової функції $F(X)$, визначається площею під кривою $\mu(F(X))$, яка з урахуванням (8) дорівнює

$$S(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \mu(F(X)) dx = \sqrt{2\pi} \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_{ij}^{2p} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Тепер чітке рішення задачі відшукується чисельно, мінімізуючи

$$J(X) = \sqrt{2\pi} \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_{ij}^{2p} \right)^{\frac{1}{2}} + (X - X^{(0)})^T (X - X^{(0)}).$$

Технологія рішення задачі узагальнена на багатоіндексний випадок, коли при постановці задачі слід враховувати, що вартість перевезення залежить не тільки від пари «постачальник-споживач», але також від типу вантажу, що перевозиться, типу використовуваних транспортних засобів, тощо.

Досліджена та вирішена задача оцінки стійкості рішень тестових транспортних задач з випадковою вартістю транспортувань.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково - практична задача, яка полягає у розробці математичних моделей і методів керування транспортними потоками з урахуванням багатоіндексності, нелінійності, високої розмірності задачі та невизначеності вхідних параметрів.

У процесі виконання роботи отримані наступні результати.

1. Розроблено методику розрахунку статистичних характеристик вартості транспортування на ділянці дороги з урахуванням основних факторів, що впливають (довжина ділянки, тип і стан покриття і т.п), на основі якої описано технологію відшукування оптимальних в сенсі вибраного критерію маршрутів для сукупності пар (постачальник - споживач).

2. Розроблено моделі та методи вирішення багатоіндексних лінійних транспортних задач. Запропоновано процедуру розрахунку початкового опорного плану. Показано, що метод нуль-перетворення для розрахунку початкового плану ефективно прискорює отримання рішення. Сформульована проста процедура поліпшення плану на кожній ітерації рішення багатоіндексної лінійної транспортної задачі.

3. Обґрунтовано методику рішення задачі комівояжера високої розмірності. Показано, що застосування процедури двоіндексної кластеризації практично знімає проблему розмірності задачі.

4. Запропоновано методики вирішення багатоіндексних нелінійних транспортних задач з аксіальними та планарними обмеженнями. Доведено теореми, що обґрунтовують обчислювальну процедуру вирішення цих задач.

5. Для транспортної задачі зі стохастичним попитом відзначено, що коректне врахування випадкового характеру попиту дозволяє отримати план перевезень, що мінімізує сумарну вартість перевезення з урахуванням середніх витрат на зберігання непроданої частини товару і середніх витрат від його дефіциту. Для вирішення задачі запропоновано ітераційну процедуру, яка використовує на кожному кроці метод Нелдера-Міда. Для прискорення процедури отримання рішення запропоновано підхід, заснований на перетворенні початкової прямої задачі до двоїстої.

Для транспортної задачі з випадковими вартостями перевезень, в якості критерію ефективності вирішення запропонована ймовірність перевищення сумарною вартістю перевезення порогового значення. Показано, що задача зводиться до максимізації дрібно-квадратичної функції, яка реалізується з використанням ітераційної процедури. На кожному кроці цієї процедури вирішується звичайна задача квадратичного програмування.

Для вирішення нечітких багатоіндексних транспортних задач обґрунтовано використання комплексного складового критерію, що враховує, з одного боку, рівень компактності функції приналежності нечіткого значення цільової функції задачі, і, з іншого боку, міру відхилення рішення від модального рішення.

6. Результати дисертаційної роботи впроваджено в Інституті інформатики та управління НАН і МОН України (м.Харків), ТОВ «НВП «ІНТЕП» (м.Харків), і в навчальному процесі кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дунаевская О.И. Задача транспортной логистики со случайной стоимостью перевозок / Л.Г. Раскин, О.И. Дунаевская // Вісник Харківського Національного автомобільно – дорожнього університету. – Харків: ХНАДУ, 2007. – №37. – С.87-89.

Здобувачем запропоновано метод формування критерію ефективності транспортувань за умов невизначеності.

2. Дунаевская О.И. Многошаговая кластеризация в задаче коммивояжера высокой размерности / О.В. Серая, О.И. Дунаевская // Східно – Європейський журнал передових технологій. – 2008. – №5/5(35) С.37-40.

Здобувачем розроблено технологію оцінки ефективності двошагової кластеризації.

3. Дунаевская О.И. Многоиндексные нелинейные транспортные задачи / О.В. Серая, О.И. Дунаевская // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: ІКСЗТ, 2009. - № 5. – С. 25 – 30.

Здобувачем запропоновано метод декомпозиції початкової задачі до сукупності задач меншої розмірності.

4. Дунаевская О.И. Нелинейные задачи математического программирования транспортного типа с нечеткими исходными данными / О.В. Серая, Т.И. Каткова, О.И. Дунаевская // Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ, Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління. – Вип. 1 (21). - 2012. - С. 78 - 80.

Здобувачем запропоновано метод перетворення початкової нечіткої задачі до чіткої задачі математичного програмування.

5. Дунаевская О.И. Рекуррентная оценка продолжительности ожидания прогрессора в генетическом алгоритме / О.И. Дунаевская, Н.И. Ящук // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. - №30. - с. 83-88.

Здобувачем розроблена імітаційна модель для оцінки тривалості очкування прогрессора.

6. Дунаевская О.И. Нечеткая модель нелинейной многоиндексной транспортной задачи / Л.Г. Раскин, О.В. Серая, О.И. Дунаевская // Східно – Європейський журнал передових технологій. - 2012. -№6/4. (60). - С. 15-17.

Здобувачем запропоновано метод пониження індексності початкової задачі.

7. Дунаевская О.И. Решение задачи транспортной логистики высокой размерности в условиях неопределенности с использованием генетических алгоритмов / О.В. Серая, О.И. Дунаевская // Современные задачи прикладной статистики, промышленной, актуарной и финансовой математики: Четвертая Всеукраинская научно-практическая конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 23-25 апреля 2008г.: тезисы докладов. – Донецк: ДонНУ, 2008.

Здобувачем запропоновано метод формування критерію ефективності у нечіткій транспортній задачі.

8. Дунаевская О.И. Многоиндексные нелинейные транспортные задачи / О.И. Дунаевская, А.С. Сухорукова // Проблеми інформатики і моделювання: Десята Міжнародна науково-технічна конференція, 12-14 травня 2010р.: тези доповідей. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2010. – С. 12.

Здобувачем запропоновано метод декомпозиції початкової задачі до сукупності задач меншої розмірності.

9. Дунаевская О.И. Технология решения нечетких нелинейных многоиндексных транспортных задач / О.В. Серая, О.И. Дунаевская // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: ХІХ Міжнародна науково-практична конференція, 01-03 червня 2011р.: тези доповідей. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2011. – Ч. 1. – С. 364.

Здобувачем запропоновано метод зведення нечіткої задачі до чіткої.

10. Дунаевская О.И. Генетический алгоритм. Рекуррентная оценка продолжительности ожидания прогрессора / О.И. Дунаевская, Н.И. Ящук // Системний аналіз та інформаційні технології: 14-та Міжнародна науково-технічна конференція SAIT 2012, 24 квітня 2012р.: тези доповідей. – Київ: ННК „ПСА” НТУУ „КПР”, 2012. - С. 57-59.

Здобувачем запропоновано метод здобуття рекуррентної оцінки на основі результатів імітаційного моделювання.

11. Дунаевская О.И. Технологии построения моделей систем в условиях многоуровневой неопределенности. / О.В. Серая, Т.И. Каткова, О.И. Дунаевская // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XX міжнародна науково-практична конференція, 15 – 17 травня 2012р.: тези доповідей. – Харків: НТУ „ХПР”, 2012. – Ч. 4. – С. 299.

Здобувачем запропоновано метод визначення функції приналежності для бінечіткої моделі.

12. Дунаевская О.И. Нечеткая нелинейная транспортная задача / О.В. Серая, О.И. Дунаевская // Veda a vznik - 2012/2013: IX mezinarodni vedecko - prakticka konference, 27 prosincu 2012 - 05 ledna 2013 roku.: materially. - Praha. - Publishing House "Education and Science" s.r.o. - 2012/2013. - С. 20-23.

Здобувачем обгрунтовано комплексний критерій ефективності рішення задачі.

АНОТАЦІЇ

Дунаєвська О.І. Моделі та методи керування багатонаменклатурними транспортними потоками за умов невизначеності попиту та вартості транспортувань. - На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 - системи та процеси керування. - Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2013.

Досліджено комплекс задач планування і керування перевезеннями, розглянуті узагальнення канонічної задачі, що призводять до багатоіндексних моделей високої розмірності. Аналізуються моделі, що враховують неповноту та неточність вихідної інформації.

Розроблено модель багатоіндексних лінійних транспортних задач, яка дозволила побудувати ефективну процедуру розрахунку початкового опорного плану. Розроблено технологію багатокрокової кластеризації, яка дозволила вирішувати задачі комівояжера високої розмірності. На основі доведених теорем розроблені методи рішення багатоіндексних нелінійних транспортних задач, які дозволили побудувати ітераційну процедуру зведення вихідних задач до задач меншої розмірності.

Розроблено технологію рішення транспортних задач зі стохастичним попитом, засновано на перетворенні вихідної задачі до двоїстої, що дозволило істотно прискорити вирішення задач високої розмірності. Отримані метод вирішення транспортної задачі з випадковими вартостями, що дозволяє вихідну стохастичну задачу перетворити у звичайну задачу дробово-квадратичної

оптимізації, яка вирішується відомими методами і метод вирішення нечітких багатоіндексних транспортних задач, який дозволив звести початкову задачу до двухіндексної чіткої задачі математичного програмування.

Ключові слова: керування транспортними потоками, умови невизначеності, ітераційна процедура, багатоіндексні задачі, вартість транспортування, лінійні та нелінійні моделі, оптимальний план.

Дунаевская О.И. Модели и методы управления многономенклатурными транспортными потоками в условиях неопределенности спроса и стоимости перевозок. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.03 – системы и процессы управления. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2013.

Диссертационная работа посвящена решению важной и актуальной проблемы управления транспортными потоками на основе разработки математического обеспечения решения многоиндексных линейных и нелинейных транспортных задач в условиях неопределенности. Исследован комплекс задач планирования и управления перевозками, рассмотрены обобщения канонической задачи, приводящие к многоиндексным моделям высокой размерности. Анализируются модели, учитывающие неполноту и неточность исходной информации. Обоснована необходимость рассмотрения нелинейных моделей задач транспортировки.

Разработана методика расчета статистических характеристик стоимости перевозки груза для произвольной пары пунктов (i, j) . Рассчитана матрица стоимостей оптимальных маршрутов для совокупности пар (поставщик - потребитель).

Рассмотрены и решены многоиндексные линейные и нелинейные детерминированные транспортные задачи. Точное решение такой задачи может быть получено методом потенциалов. Однако практическая реализация этого метода является трудоемкой, причем вычислительная сложность получения решения быстро растет с увеличением размерности задачи. В связи с этим, для ускорения решения задачи, предложен эффективный прием, состоящий в нуль – преобразовании исходной матрицы стоимостей.

Разработана технология многошаговой кластеризации, которая позволила решать задачи коммивояжера высокой размерности. Предложены методы решения многоиндексных нелинейных транспортных задач, основанные на доказанных теоремах, которые позволили построить итерационную процедуру сведения исходных задач к задачам меньшей размерности.

Рассмотрена транспортная задача со стохастическим спросом. Предложен подход к решению этой задачи, связанный с переходом от исходной задачи к двойственной ей задаче. Достоинством этой идеи является то, что неопределенность относительно спроса, которая в исходной задаче содержится в ограничениях, переходит в целевую функцию, что существенно упрощает

задачу. Для её решения предложен итерационный алгоритм последовательного улучшения плана.

Рассмотрена транспортная задача со случайными стоимостями перевозок. Для решения этой задачи введен критерий – вероятность превышения случайной стоимостью перевозок заданного порога. При этом показано, что вычислительная процедура сводится к итерационному решению последовательности задач квадратического программирования. Предложен метод решения нечетких многоиндексных транспортных задач, который позволил свести исходную транспортную задачу к двухиндексной четкой задаче математического программирования.

Ключевые слова: управление транспортными потоками, условия неопределенности, итерационная процедура, многоиндексные задачи, стоимость транспортировки, линейные и нелинейные модели, оптимальный план.

Dunaievskia O.I. Models and methods of multinomenclature traffic control in conditions of uncertainty of the demand and cost of transportation. - Manuscript.

Dissertation for Candidate of Technical Sciences Degree - specialty 05.13.03 - systems and processes of control. - National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, 2013.

Study of the complex of tasks of transportation management and planning, consideration of the canonical problem generalization, leading to multi-index models of high dimension. Analysis of models that included incomplete and imperfect information.

There has been developed a model of a multi-index linear transportation tasks, which allowed building an efficient procedure for calculating the initial support plan. There has been developed a technology of the multi-step clustering, which allowed resolving the traveling salesman's tasks of high dimension. On the basis of the proved theorems there were developed methods for resolving nonlinear multi-index transportation problems, which allowed us to build an iterative procedure of the original task reduction to the smaller dimension tasks.

There has been developed a technology for resolving the transportation tasks with a stochastic demand, based on the original task transformation to the dual task, which allowed to significantly speed up the high dimension tasks resolution. There have been derived two methods: one for solving the transportation task with random value, allowing the original stochastic task to convert to a common fractional quadratic optimization task, which is being resolved by known methods and method for fuzzy multi-index transportation tasks, which allowed to reduce the original task to a two-index precise mathematical programming task.

Keywords: traffic control, the conditions of uncertainty, an iterative procedure, the task of multi-index, the cost of transportation, linear and non-linear models, the optimal plan.



Підписано до друку 15.05.2013 р. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Замовлення № 126177

Надруковано у СПДФО Ізрайлев Є.М.
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001 р.
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 16