

Дорошук В.О.,
Голотюк М.В.,
Кучер О.О.

Національний університет
водного господарства
та природокористування,
м. Рівне, Україна,
E-mail: v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua

ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

УДК 656.629

В статті розглядаються різні оптимізаційні моделі розвитку транспорту, транспортної системи та транспортних потоків, які переважно орієнтовані на окремі види транспорту або на окремі види операцій, які виконуються на транспорті. Досліджено результати, які можна отримати в результаті моделювання. Визначено основні завдання розвитку транспортної системи України.

Ключові слова: моделювання, транспортна система, модель, транспорт, оптимізаційні моделі.

Постановка проблеми. Існує цілий комплекс проблем у розвитку транспорту, що потребують невідкладного рішення. До таких проблем можна віднести оптимізацію перевезень, раціональний розподіл транспортної мережі, оптимальну надійність транспортних систем, вибір основних параметрів транспортної мережі системи.

Єдина транспортна система повинна відповідати вимогам суспільного виробництва та національної безпеки, мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних послуг, у тому числі для складування і технологічної підготовки вантажів до транспортування, забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки України. [2]

Для створення автоматизованої системи управління транспортом країни необхідно вирішити ряд наукових проблем, зокрема розробки математичних методів і моделей для рішення задач оптимального керування транспортним процесом, який включає декілька видів транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах складних світових економічних процесів в Україні має діяти ефективна державна транспортна політика. Для цього потрібно гармонізувати правову базу з відповідним європейським законодавством. Європейська інтеграція — це курс на імплементацію європейських рецептів успіху на українському ґрунті [1].

Для оптимізації необхідно задати: критерій оптимальності; параметри, які впливають на ефективність процесу; математичну модель процесу; обмеження, пов'язані з конструктивними та економічними умовами та ін. Проблема оптимізації транспортної системи на даний час є досить основним завданням, яке вирішує широке коло спеціалістів.

Оптимізаційні завдання полягають в знаходженні таких значень керованих параметрів, при яких досягається екстремум (мінімум або максимум) цільової функції, а також виконуються задані обмеження в разі умовної оптимізації [3].

У більшості робіт розглядається окремий випадок, коли потоки вантажів зафіксовані і задача планування перевезень зводиться до задачі оптимального розподілення транспортних засобів по напрямках перевезень, а також більш загальні задачі, у яких наявність потоку вантажів враховується непрямою уявою шляхом виділення потоків навантажених і порожніх транспортних засобів [5].

В роботі [9] запропонована задача оптимізації двох основних потоків в транспортній мережі: потоку вантажів та транспортних засобів, що є окремим випадком задачі.

Задачі типу «багато-до-одного» в практиці вантажних перевезень виникають на транспортних і виробничих підприємствах, коли вантаж треба з декількох місць (підприємств, складів і т. ін.) перевезти до одного замовника. Задачі цього типу складаються з таких класів:

- про планування випуску продукції;
- розподіл транспортних засобів за витратами часу;
- розподіл транспортних засобів за обсягом перевезень;
- розподіл транспортних засобів за витратами коштів;
- про розподіл транспортних засобів із фіксованими доплатами;
- про формування парку машин та їх розподіл;
- зведення вантажу;
- вибір маршруту.

Математичні моделі задач цього типу дуже схожі з математичними моделями задач типу «один-до-багатьох». За умовами задач обох типів перевезення вантажів відбувається в тих самих транспортних мережах. Відмінність спостерігаються тільки в напрямку руху. Якщо в задачах типу «один-до-багатьох» рух вантажу здійснюється в напрямку від кількох відправників (складів з сировиною, комплектуючими і таке інше) до одного замовника (центрального складу, підприємства), то в задачах типу «багато-до-одного» рух здійснюється ніби то в зворотному напрямку – від одного постачальника (виробника готової продукції, добувного підприємства, центрального складу) до декількох замовників (торговельних баз, складів, споживачів сировини). Якщо в одних задачах вантаж з одного місця розвозиться різними маршрутами між багатьма одержувачами, то в інших навпаки – звозиться різними маршрутами до одного місця. Отже, якщо умовно відправників вантажу вважати одержувачами, а замовника вантажу – відправником, то задача типу «багато-до-одного», перетворюється на задачу типу «один-до-багатьох» [4].

Для дослідження складних соціально-економічних систем, таких як місто, та виявлення зв'язків між її підсистемами, для моделювання еволюції інтегрованої міської системи протягом тривалого періоду часу пропонується модель ILUTE [6] (Integrated Land Use, Transportation, Environment – інтегральне землекористування, транспорт, навколишнє середовище). Дана модель передбачає розгляд не тільки транспортної мережі, але й фірм, населення, будівель, споруд, ринку праці та економіки, тобто призначена для аналізу і вдосконалення транспортної, житлової та іншої міської політики на прогностичний період часу. Результати моделювання ILUTE демонструються у 2D та 3D форматі.

Наявність великої кількості замовників ускладнює застосування деяких методів планування маршрутів, обмежує можливість побудови графіка у випадку нерівномірності попиту, приводить до несвоечасності доставки та втрати клієнтів. Для покращення організації перевізного процесу застосовують розбиття транспортної мережі на райони зонування адресів доставки, або. На думку автора [7] розбиття на райони дозволить уникнути завищеного пробігу транспортних засобів за відсутністю алгоритмів оптимальної маршрутів.

Розподіл транспортної мережі на райони на даний час не дуже розповсюджений, лише відомо декілька підходів до розбиття транспортної мережі на райони. Серед них автор [8] припускає використання в якості границь районів природних перешкод. Однак в міських умовах даний підхід не зможе забезпечити можливості розбиття транспортної мережі на необхідну кількість районів.

Автор [10] розглядає два різних підходи для вирішення задач оптимізації транспортної мережі, як багатошарової телекомунікаційної структури: 1) оптимізації багатошарової транспортної мережі з врахуванням впливу шарів один на одного; 2) коректування структурних характеристик транспортної мережі в широких межах. А також

відмічає, що оптимізація складних багатопарових структур транспортних мереж на основі технологій IP/MPLS/DWDM за допомогою методу діакоптики, що дає змогу досягти оптимального розподілу інформаційних потоків та забезпечити необхідну якість обслуговування на всіх рівнях багатопарової структури транспортної мережі IP/MPLS/DWDM.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження оптимізаційних моделей розвитку транспортної системи, розроблених зарубіжними та вітчизняними вченими та оцінка можливості їх застосування в розвитку транспорту України.

Виклад основного матеріалу. Оптимізаційне планування роботи транспортних систем, принципово дозволяє подолати більшість з перерахованих труднощів, спирається на систему взаємопов'язаних математичних моделей, в рамках яких вдається врахувати такі особливості транспортних систем, як нечіткість наявної інформації, протиріччя в інтересах партнерів, багатоцільовий характер оцінки обраних режимів функціонування і т. д. На основі цих моделей з'являється можливість формалізувати задачі оптимізації та використовувати відповідний математичний апарат. Фахівці виділяють кілька класів задач оптимізації транспортних систем: задачі маршрутизації перевезень і руху транспортних засобів, задача завантаження транспортних засобів, задачі складання графіків руху, задачі планування використання трудових і технічних ресурсів, задачі планування роботи транспортних підприємств, задачі перспективного розвитку транспорту, задачі виробничо-транспортного планування [14].

Управління транспортною системою можна розділити на три основних класи: керуванням основною експлуатаційною діяльністю (перевезенням, перевантаженням і збереженням вантажів), розвитком транспортної системи (транспортних мереж, рухомого складу, навантажувально-розвантажувальних пунктів і т.п.) і підтримкою працездатності транспортної системи (ремонтними роботами, постачанням, енергозабезпечення і т.п.).

Задача оптимізації полягає у знаходженні оптимального значення цільової функції $f(x)$ на допустимій множині D . Розв'язати оптимізаційну задачу – означає знайти її оптимальне розв'язання або встановити, що розв'язання немає.

Цільова функція може набувати найбільше чи найменше значення або мати екстремум (рис. 1.)

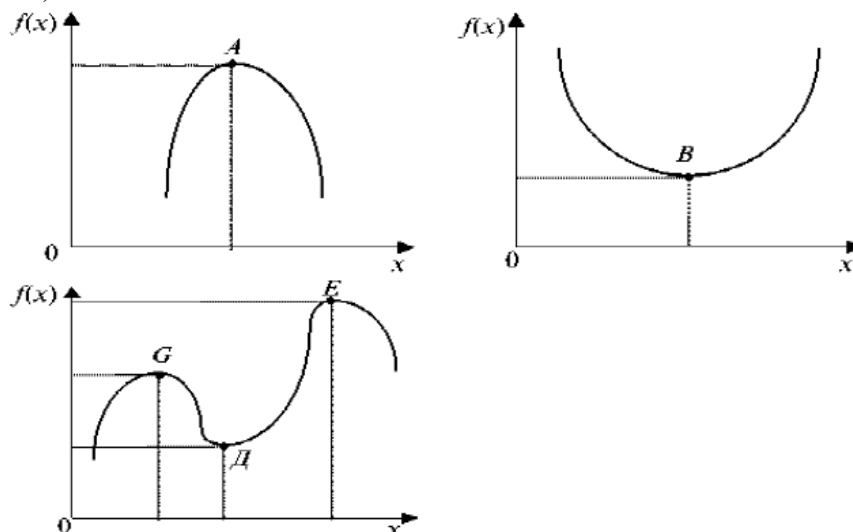


Рис. 1 – Екстремум функції

Оптимум – більш широке поняття, ніж екстремум. Якщо екстремум є не у всіх функцій, то в практичних задачах оптимум існує завжди (рис. 2.)

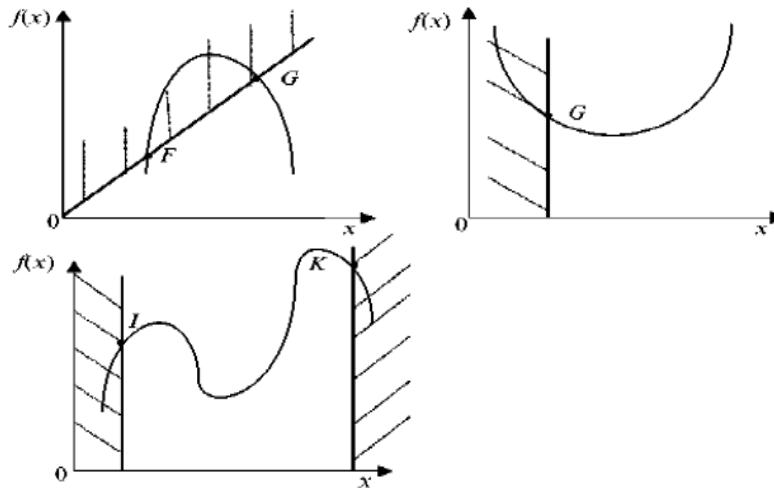


Рис. 2 – Оптимум функції

Задачі умовної оптимізації включають в себе обмеження і граничні умови, що відповідають існуючим економічним умовам [11].

За допомогою математичної моделі оптимізації перевезень в динамічній транспортній мережі можна: визначити найкоротшу відстань перевезень; врахувати основні факторів, які впливають на здійснення перевезень; оптимізувати постачання вантажів; мінімізувати вартість перевезень.

Моделлю транспортної мережі єдиної транспортної системи країни може служити граф $G(K, A)$, множина вершин K якого являють собою транспортні вузли, а множина дуг A – ділянки шляхів переміщення транспортних потоків із пунктів відправлення в пункти призначення. Вершини мережі відповідають пунктам виробництва і споживання продукції, складам для збереження вантажів і пунктам зосередження транспортних засобів. Дугам мережі приписані такі характеристики, як протяжність, пропускна спроможність, витрати на переміщення транспортних засобів і т.п.

Існують різні алгоритми для знаходження найкоротшого шляху, наприклад:

1. Хвильовий алгоритм;
2. Алгоритм Флойда;
3. Алгоритм Форда-Беллмана;
4. Алгоритм Дейкстри.

Метод Дейкстри шукає найкоротший шлях від заданої вершини (джерела) до всіх інших вершин на графі. Метод Флойда відрізняється тим, що шукає найкоротший шлях по черзі від кожної вершини до всіх інших. Але для оптимізації транспортної системи дані методи не достатні, оскільки транспортний комплекс включає різні види транспорту, роботу яких необхідно узгодити,

Для оптимізації постачання вантажів застосовуються розподільчі методи (метод Хичкока, метод Креко, метод МОДИ) та методи з дозволеними елементами (метод дозволених доданків і метод дозволених множників).

Задача вибору транспортного засобу для перевезення є система позиціонування GPS (Global Positioning System), яка дасть змогу визначити місце розташування транспортного засобу. При використанні GPS технологій вже відбудеться певна оптимізація транспортної системи. Наступним кроком має бути застосування теорії графів. Потрібно детально вивчити регіон, дослідити динаміку дорожнього руху, розбити карту регіону на множину вершин графу, а для кожного ребра графу задати відповідну вагу в залежності від завантаженості шляху Далі за допомогою алгоритму Дейкстри можна шукати вільний транспорт, який є найближчим до заданої території, а також визначати оптимальний шлях між ними.

Застосування сучасних інформаційних технологій при знаходженні оптимального плану вантажних перевезень на дорожньо-транспортній мережі з незбалансованим обсягом перевезень вантажу дозволяє за мінімальний час отримати необхідний і точний результат.

Автором [13] запропоновано багатокритеріальну модель, яка дозволить збільшити ефективність управління перевезенням вантажів у динамічній транспортній мережі за рахунок складання попереднього плану перевезень з урахуванням основних чинників.

Підвищення ефективності транспортних систем передбачає вирішення сукупності взаємопов'язаних завдань, багато з яких можна віднести до завдань більш високого рівня, так як вони виходять за рамки вузько транспортних проблем. Процес оптимізації транспортних систем полягає у знаходженні оптимальних пропорцій між кількісними значеннями і тенденціями зміни матеріальних, технологічних і організаційних факторів, пов'язаних з функціонуванням транспортних систем. Для здійснення таких розрахунків необхідно мати формалізований опис закономірностей функціонування транспортних систем, в якому кількісні значення можливих змін чинників, що враховуються були б пов'язані між собою і з економічними показниками або показниками якості роботи транспортних систем математичними співвідношеннями. Наприклад, це можуть бути співвідношення балансового типу, в яких кількісні значення врахованих чинників пов'язані функціональними залежностями; співвідношення, що описують динаміку зміни факторів у часі або економічних показників при зміні кількісних значень факторів і т. д.

Висновки. Для вирішення поставлених завдань у практиці транспортної діяльності потрібно розробити алгоритми за допомогою комп'ютерних програм. Тому фахівець з організації та виконання перевезень повинен володіти основами алгоритмізації і програмування задач прийняття рішень по транспортній діяльності, а також навичками застосування необхідних комп'ютерних пакетів прикладних програм.

Отже, для оцінювання розвитку транспортної системи країни недостатньо вивчення її окремих підсистем, необхідний комплексний підхід, який відображає взаємозв'язок цих підсистем. В даному підході важливим є комплексне оцінювання, за допомогою якого можна дослідити тенденцію зміни показників в часі, а результати дослідження використати для аналізу, обліку, прогнозування, контролю та регулювання діяльності транспортної системи.

Використання транспортних моделей, розроблених зарубіжними та вітчизняними вченими, стане особливо актуальним в найближчій перспективі, коли в Україні почнеться будівництво багаторівневих автотранспортних розв'язок і ускладниться рух автомобільного транспорту. На особливу увагу заслуговують транспортні моделі нового покоління, завдяки яким вчені проводять дослідження впливу конфігурації транспортної мережі на формування транспортних потоків, швидкість руху транспорту, організацію ефективного контролю за трафіком і його управлінням, переміщення учасників дорожнього руху вулицями різних населених пунктів.

Моделювання транспортної системи є невід'ємною складовою її перспективного розвитку. Для вирішення поставлених завдань необхідно комплексний підхід при виборі оптимізаційних моделей, оскільки розвиток транспортної системи залежить від багатьох чинників.

Література:

1. Гайдуцький П. Україна. Проблеми інтеграції. // Національна безпека і оборона — № 4-5(141-142). — 2013. — 89 с.
2. Міщенко М.І. Загальний курс транспорту: навчальний посібник / М.І. Міщенко, А.В. Хімченко, І.Ф. Вороніна, Ф.М. Судак. — Донецьк: Норд-прес, 2010. — 323 с.

3. Седюкевич В.Н. Математические модели в транспортных системах: Конспект лекций для студентов специальности 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте» / В.Н. Седюкевич - г. Минск, Республика Беларусь. – 2009. – 170 с.
4. Самойленко М.І. Інформаційні технології в розв'язанні транспортних задач: монографія. / М. І. Самойленко, А. О. Кобець; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 256 с.
5. Нагаев Б.В. Модель составления развозок грузов. - Ижевск: Удмуртия 1994. - 320 с.
6. Salvini P., Miller E. J. ILUTE: An Operational Prototype of a Comprehensive Microsimulation Model of Urban Systems // 10th International Conference on Travel Behaviour Research. Lucerne, 1015. August 2003. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.ivt.ethz.ch/news/archive/20030810_IATBR/salvini.pdf
7. Ломко, Е. Автоматизация логистических процессов предприятия как один из действенных инструментов преодоления кризиса [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://consulting.1c.ru/articles-view.jsp?id=44>
8. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А.И. Воркут. – К.: «Вища школа», 1986. – 447 с.
9. Савин В.И. Оптимизация работы автотранспорта. М.: Транспорт, 1994. – 280 с.
10. Климаш М. М. Оптимізація багатопарової структури транспортної мережі на основі технологій IP/MPLS/DWDM за допомогою методу діакоптики / М. М. Климаш, М. В. Кайдан, М.І. Бешлай // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2015. – №3(37). – С.32-42.
11. Мамонов К.А. Конспект лекцій з дисципліни “Економіко-математичне моделювання” / К.А. Мамонов. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х: ХНАМГ, 2009. – 86 с.
12. Прокудін О.Г. Оптимізація незбалансованих вантажних перевезень на дорожньо-транспортній мережі / О.Г. Прокудін // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 12. – С.141-149.
13. В.Б. Задоров, Е.В. Федусенко, А.О. Федусенко Застосування методів багатокритеріальної оптимізації до планування вантажних перевезень / В.Б. Задоров, Е.В. Федусенко, А.О. Федусенко – К.: Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2010. – Вип. 12. – С.26-30.
14. Лотиш В.В. Моделювання транспортних систем: конспект лекцій для студентів спеціальності 8.05020203 - Автоматика та автоматизація на транспорті (за видами транспорту) денної форми навчання/ уклад. В.В. Лотиш. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – 28 с.

Summary

V. Doroshchuk, M. Holotiuk, O. Kucher Optimization model development of transport system

The article examines the various models of optimization models of transport, transport system and transport flow that are mainly oriented on certain types of transport or certain types of operations performed in transport. Studied the results that can be obtained from the simulation results. Determined the main task of the transport system of Ukraine.

To solve the problems in the practice of transport activity, it is necessary to develop algorithms using computer programs. Therefore, an expert in the organization and implementation of transport should have the basics of algorithmization and programming of decision-making tasks in transport activities, as well as the skills of application of necessary computer software packages.

Consequently, to assess the development of the transport system of the country is not sufficient study of its separate subsystems, a comprehensive approach is needed that reflects the interconnection of these subsystems. In this approach, an integrated assessment is important, through which one can investigate the tendency of changing time indices, and use the results of the research for analysis, accounting, forecasting, control and regulation of the transport system.

Modeling of the transport system is an integral part of its long-term development. To solve the problems, a comprehensive approach is needed when choosing optimization models, since the development of the transport system depends on many factors.

Keywords: modeling, transport system, model, transport, optimization models.

References

1. Gaiducki P. Ukraine. Integration problems. // National Security and Defense - No. 4-5 (141-142). - 2013. - 89 p.
2. Mishchenko M.I. General course of transport: textbook / M.I. Mischenko, AV Khimchenko I.F. Voronina, FM Zander. - Donetsk: Nord-press, 2010. - 323 p.
3. Sedyukevich V.N. Mathematical models in transport systems: A summary of lectures for students of specialty 1-44 01 01 "Organization of transportation and management on automobile and city transport" / V.N. Sedyukevich - Minsk, Republic of Belarus, 2009. - 170 p.
4. Samoilenko M.I. Information technologies in solving transport problems: monograph. / M. I. Samoilenko, A. O. Kobets; Hark nats acad. city households-va. - Kh.: KHNAMG, 2011. - 256 p.
5. Nagaev B.V. Model of compilation of freight deliveries. – Izhevsk: Udmurtia 1994. – 320 p.
6. Salvini P., Miller E. J. ILUTE: An Operational Prototype of a Comprehensive Microsimulation Model of Urban Systems // 10th International Conference on Travel Behaviour Research. Lucerne, 1015. August 2003. – [Electronic resource]. Access mode: www.ivt.ethz.ch/news/archive/20030810_IATBR/salvini.pdf
7. Lomko E. Automation of enterprise logistics processes as one of the effective tools for overcoming the crisis [Electron. resource]. - Access mode: <http://consulting.1c.ru/articles-view.jsp?id=44>
8. Vorkut A.I. Freight transport by road [Text] / A.I. Vorkut. - K.: "Vishcha school", 1986. - 447 p.
9. Savin V.I. Optimization of vehicle operation. M.: Transport, 1994. – 280 p.
10. Klymash M.M. Optimization of the multilayer structure of the transport network based on the technologies of IP / MPLS / DWDM using the method of diakonty / M. M. Klymash, M. V. Kaidan, M. I. Besshail // Scientific notes of the Ukrainian Research Institute of Communication. - 2015 - # 3 (37). - P. 32-42.
11. Mamonov K.A. Summary of lectures on discipline "Economic-mathematical modeling" / K.A. Mammons Hark nats acad. city households-va. – X.: KSAME, 2009. - 86 p.
12. Prokudin O.G. Optimization of Unbalanced Freight Transport on the Road Transport Network / O.G. Prokudin // Project Management, System Analysis and Logistics. - K.: NTU - 2013. - Vip. 12. - P.141-149.
13. V.B. Zadorov E.V. Fedusenko, A.O. Fedusenko Application of Multicriteria Optimization Methods for Freight Transportation Planning / V.B. Zadorov, E.V. Fedusenko, A.O. Fedusenko - K.: Kiev National University of Construction and Architecture. - 2010 - Voip. 12. - P.26-30.
14. Lotys V.V. Modeling of transport systems [Text]: summary of lectures for students of the specialty 8.05020203 - Automation and automation in transport (by type of transport) of full-time education / mode. V.V. Lotish - Lutsk: Lutsk National Technical University, 2015. - 28 p.