

УДК 004.02

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.1.5>

Р.М. ЗАХАРЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0003-4650-3095

Г.О. РАЙКО

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-7357-5687

О.В. ШТУЦА

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-8817-3800

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ІТ-ФАХІВЦЯ

Використання економіко-математичних моделей та оптимізаційних методів прийняття рішень є одним із ефективних способів визначення соціально-економічного розвитку економічної системи. На сьогоднішній день, в сучасних реаліях, формалізація процесів розвитку та структура країни як складної динамічної системи, може бути описана тільки в довготривалому періоді, враховуючи фактори невизначеності та ризику. Для вирішення задачі прогнозування соціально-економічного розвитку країни, з урахуванням факторів впливу та визначення ресурсів розвитку неможливе без застосування інформаційних технологій. Деякі експериментальні процедури вимагають розробки індивідуальних алгоритмів із використанням сучасного програмного забезпечення. Саме використання інструментарію економіко-математичного моделювання для прийняття рішень в різних сферах господарювання на основі сучасних інформаційних технологій, зменшує ризик помилки розрахунків. У зв'язку з цим, актуальним є для якісної підготовки ІТ-фахівців додати концептуальні засади методології чисельних методів та теорії прийняття рішень, що включає поєднання професійних базових знань з практичними навичками розробки сучасного програмного забезпечення. В статті обґрунтовано актуальність освоєння студентами таких освітніх компонент як методи оптимізації для прийняття рішень, методики розв'язання основних задач чисельного аналізу, розробка програмного забезпечення для їх реалізації.

Практичні результати, представлені в статті, застосовані для розробки теоретичного курсу та методичних рекомендацій в наступних освітніх компонентах: «Чисельні методи», «Теорія прийняття рішень» для студентів спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Ключові слова: ІТ-фахівець, теорія прийняття рішень, чисельні методи, економіко-математичне моделювання, сучасні інформаційні технології.

Р.М. ЗАХАРЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0003-4650-3095

Г.О. РАЙКО

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-7357-5687

О.В. ШТУЦА

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-8817-3800

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ И ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТА

Использование экономико-математических моделей и оптимизационных методов принятия решений является одним из эффективных способов определения социально-экономического развития экономической системы. На сегодняшний день, в современных реалиях, формализация процессов развития и структура страны как сложной динамической системы может быть описана только в длительном периоде, учитывая факторы неопределенности и риска. Для решения задачи прогнозирования социально-экономического развития страны с учетом факторов влияния и определения ресурсов развития невозможно без применения информационных технологий. Некоторые экспериментальные процедуры требуют разработки индивидуальных алгоритмов с использованием современного программного обеспечения. Именно использование инструментария экономико-математического моделирования для принятия решений в различных сферах хозяйствования на основе современных информационных технологий уменьшает риск ошибки расчетов. В этой связи, актуально

для качественной подготовки ИТ-специалистов добавить концептуальные основы методологии многочисленных методов и теории принятия решений, что включает сочетание профессиональных базовых знаний с практическими навыками разработки современного программного обеспечения. В статье обоснована актуальность освоения студентами таких образовательных компонентов как методы оптимизации для принятия решений, методики решения основных задач численного анализа, разработка программного обеспечения для их реализации.

Практические результаты, представленные в статье, применены для разработки теоретического курса и методических рекомендаций в следующих образовательных компонентах: «Множественные методы», «Теория принятия решений» для студентов специальности 121 «Инженерия программного обеспечения».

Ключевые слова: профессиональная подготовка будущих программистов, принятие решений, численные методы, экономико-математическое моделирование, современные информационные технологии.

R.N. ZAHARCHENKO  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0003-4650-3095  
H.O. RAIKO  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0002-7357-5687  
E.V. SHTUTSA  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0001-8817-3800

#### USE OF NUMERICAL METHODOLOGY AND DECISION-MAKING THEORY IN THE PROCESS OF IT SPECIALIST TRAINING

*The use of economic-mathematical models and optimization methods of decision-making is one of the effective ways to determine the socio-economic development of the economic system. Today, in modern realities, the formalization of development processes and the structure of the country as a complex dynamic system can be described only in the long run, given the factors of uncertainty and risk. To solve the problem of forecasting the socio-economic development of the country, taking into account the factors of influence and determining the resources of development is impossible without the use of information technology. Some experimental procedures require the development of individual algorithms using modern software. It is the use of tools of economic and mathematical modeling for decision-making in various fields of management on the basis of modern information technology that reduces the risk of calculation errors. In this regard, it is important for high-quality training of IT professionals to add conceptual foundations of the methodology of numerous methods and theory of decision-making, which includes a combination of professional basic knowledge with practical skills of modern software development. The article substantiates the relevance of students' development of such educational components as optimization methods for decision making, methods of solving the main problems of numerical analysis, software development for their implementation.*

*The practical results presented in the article are used to develop a theoretical course and guidelines in the following educational components: «Multiple Methods», «Decision Theory» for students majoring in 121 "Software Engineering".*

*Key words: professional training of future programmers, decision making, numerical methods, economic and mathematical modeling, modern information technologies.*

#### Постановка проблеми

На сьогоднішній день сектор ІТ-індустрії є двигуном глобального економічного росту, що надає ряд ключових переваг, забезпечує робочим місцем мільйони високооплачуваних кваліфікованих співробітників у більше ніж 4 тисяч компаній по всьому світу. У зв'язку із зростанням зайнятості в ІТ-секторі економіки, дана галузь потребує раціонального формування змісту фахової підготовки майбутніх програмістів, які зможуть ефективно використовувати інформаційні технології для створення програмного забезпечення. Заклади вищої освіти, що готують майбутніх ІТ-фахівців, в першу чергу повинні дбати про те, щоб зміст освітніх програм відповідав вимогам роботодавців. Майбутні програмісти повинні бути конкурентоспроможними на сучасному ІТ-ринку праці. Організація сучасної фахової підготовки випускників базується на положеннях Законів України «Про вищу освіту», «Про державну підтримку розвитку індустрії програмної продукції», розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року» і т.д. У процесі модернізації ІТ-освіти важливо орієнтуватися на міжнародні стандарти: Computer Engineering, Computing Curricula, Рекомендації Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу «Про

основні компетенції для навчання протягом усього життя», Європейські Рамкові профілі ІКТ компетентності, проекти TUNING за предметними галузями 12 «Інформаційні технології».

За інформацією ІТ компаній України маємо рекордні темпи зростання потреб у висококваліфікованих спеціалістах, а саме: у м. Херсоні - це компанії Boosters, Mediacom, Wezom, GEFIRA, Essotec, Z-Price, DataArt та ін. В умовах сьогодення розвиток будь-якого підприємства пов'язаний з його ІТ-інфраструктурою, що в свою чергу потребує сервісного обслуговування ІТ-фахівцями. Даний факт актуалізує необхідність у перегляді підготовки фахівців, що поєднує фундаментальність професійних базових знань з практико-орієнтованим підходом для вирішення конкретних завдань роботодавців. У Херсонському національному технічному університеті на кафедрі програмних засобів і технологій здійснюється підготовка ІТ-фахівців за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення». Зміст освітньої програми «Програмна інженерія» включає перелік дисциплін, що передбачає забезпечення високого рівня підготовки майбутніх програмістів.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Проблемами та змістом фахової підготовки ІТ-фахівців займалися такі науковці: О. Воронкін, Н. Слюсаренко, О. Янкович, О. Абдуліна, С. Гончаренко, Р. Гуревич, А. Лігоцький, Н. Ничкало, О. Пехота, Ю. Козловський, В. Краєвський, А. Степанюк, В. Гомонюк, В. Гришко, О. Когут, Г. Козлакова, В. Круглик, Т. Морозова, В. Л. Бесова, Л. Божко, В. Даниленко, К. Двірна. Аналіз наукових праць провідних учених підтверджує актуальність дослідження підготовки програмістів, які зможуть розробляти програмне забезпечення для прийняття рішень в різних сферах господарювання з використання методів оптимізації.

#### **Формулювання мети дослідження**

Одним із способів визначення шляхів для прогнозування розвитку економіки країни є використання інструментарію економіко-математичного моделювання для прийняття рішень з використанням сучасних інформаційних технологій [4, 13]. На ринку програмних продуктів користувач віддає перевагу та застосовує системи підтримки прийняття рішень, «хмарні» технології, Інтернет-технології, бази даних Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM DB2, Oracle Database, клієнтські програми для Linux та ін. Для розробки сучасного програмного забезпечення необхідна підготовка висококваліфікованих ІТ-фахівців, які здатні, користуючись сучасними засобами проектування та розробки, розробити систему підтримки прийняття рішень, поліпшити роботу веб-клієнта, поліпшити інтерфейс, виконати введення і відображення даних, організувати формування складних аналітичних звітів і т.п.

Мета дослідження – обґрунтування актуальної освітньої компоненти для підготовки майбутніх інженерів-програмістів, що дозволить поєднувати знання основних методів оптимізації, методики розв'язання основних задач чисельного аналізу з практичними навичками розробки систем підтримки прийняття рішень для різних сфер господарювання.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Математичне моделювання в економіці та менеджменті базується на використанні математичного моделювання в розв'язанні прикладних задач та обґрунтуванні прийнятих рішень щодо управління виробництвом. Економіко-математичне моделювання включає задачі лінійного, цілочислового, нелінійного та динамічного програмування, елементи теорії ігор, парний та множинний регресійний аналіз, нелінійні рівняння, часові ряди та їх використання в економічних дослідженнях [4, 5, 10, 13, 14]. Вирішення таких задач потребує використання сучасного програмного забезпечення та висококваліфікованих спеціалістів.

Освітня програма «Програмна інженерія» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» Херсонського національного технічного університету спрямована на формування у фахівців професійних базових знань та розвиток практичних умінь, що передбачає освоєння таких освітніх компонент, як: «Чисельні методи», «Теорія прийняття рішень». Метою викладання дисципліни «Чисельні методи» є вивчення методології чисельного аналізу та придбання практичних навичок конструювання програмного забезпечення для їх розв'язку. В даному курсі для рішення систем лінійних і нелінійних алгебраїчних рівнянь розглядається наступна тематика: метод вибору головного елемента, метод ітерацій, метод Зейделя, схема Халецького, метод Ньютона та ін. Студенти повинні освоїти не тільки методики розв'язання задач чисельного аналізу, а і набути практичних навичок розробки програмного забезпечення для автоматичного їх вирішення, використовуючи сучасні мови програмування [14]. Метою дисципліни «Теорія прийняття рішень» є вивчення методології теорії прийняття рішень та класу задач, що можуть бути вирішені на їх основі, а також навичок розробки програмного забезпечення для їх розв'язання.

В якості прикладу наведемо створення програмної реалізації системи лінійних рівнянь у вигляді деякої структури даних на мові Java, використовуючи прийоми узагальненого програмування [1-3, 6-9], із використанням коефіцієнтів класу Number (тобто Float, Integer, Double і т.д.). В якості поставленої задачі необхідно формалізувати алгоритм, що при отриманні на вхід структури даних системи, створює

нулі нижче головної діагоналі. На початку роботи необхідно описати інтерфейс, що реалізуватиме кожне рівняння:

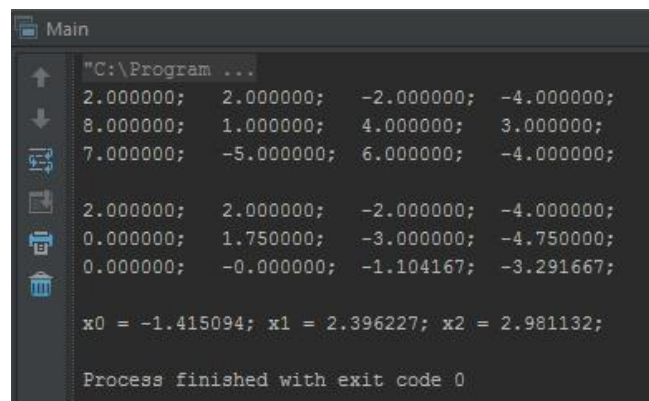
```
package gauss;
```

```
public interface Gauss<N extends Number, T extends Gauss<N, T>> {  
    public void addEquation(T item);  
    public void mul(N coefficient);  
    public N findCoefficient(N a, N b);  
    public N at(int index);  
    public int size();  
}
```

де N - деякий послідовник Number'a,

T - деякий тип, що реалізує даний інтерфейс.

На основі методу addEquation (T item) відбувається додавання кожного елемента рівняння item до кожного свого елемента. Далі розглядається клас системи рівнянь, складається алгоритм що приймає деякий об'єкт, реалізує інтерфейс, на основі обраної методології, матриця буде приведена до необхідного вигляду. В результаті проводиться аналіз складності ПЗ та його тестування (рис. 1).



```
Main  
"C:\Program ...  
2.000000; 2.000000; -2.000000; -4.000000;  
8.000000; 1.000000; 4.000000; 3.000000;  
7.000000; -5.000000; 6.000000; -4.000000;  
2.000000; 2.000000; -2.000000; -4.000000;  
0.000000; 1.750000; -3.000000; -4.750000;  
0.000000; -0.000000; -1.104167; -3.291667;  
  
x0 = -1.415094; x1 = 2.396227; x2 = 2.981132;  
  
Process finished with exit code 0
```

Рис. 1. Вікно програми

Використовуючи вище представлений приклад, розглядаються також інші методи. Треба відмітити, що метод Гауса не дуже піддається узагальненню програмуванню, тому його використовують для систем маленької та середньої розмірності (до порядку  $10^4$ ). Для великих розмірностей чи розріджених матриць більш ефективними є ітераційні методи. Метод Гауса з вибором головного елемента по стовпцю є більш стійкий до помилок і при цьому він не вимагає великих допоміжних витрат. Такий підхід дозволяє сформувати у студентів компетенції до аналітичного мислення при використанні методів чисельного аналізу при розробці програмного забезпечення [11, 13]. Опанування студентами моделей та методів розв'язання задач прийняття оптимальних рішень в умовах конфліктних ситуацій, дають їм змогу, використовуючи сучасні засоби програмування, розробляти програми для їх вирішення.

Метод аналізу ієрархій полягає в декомпозиції складної проблеми на прості складові частини, із подальшою обробкою за попарними порівняннями послідовності висновків особою, яка приймає рішення, в результаті чого формується відносний рівень взаємодії елементів. Метод аналізу ієрархії включає процедури синтезу множинних висновків експертів, виявлення пріоритетності критеріїв та знаходження альтернативних рішень. Метод вагових коефіцієнтів дозволяє експертам використовувати індивідуальну шкалу оцінок попарних порівнянь за обраними критеріями для вибору вигідної альтернативи [11]. Для отримання практичних навичок програмування, студенти за алгоритмом даного методу виконують розробку програми, що задовольняє всі вимоги, враховуючи зручний інтерфейс. Користувач програми повинен мати можливість налаштувати шкалу пріоритетів, змінювати кількість альтернатив та кількість критеріїв, а також їх значення (рис. 2).

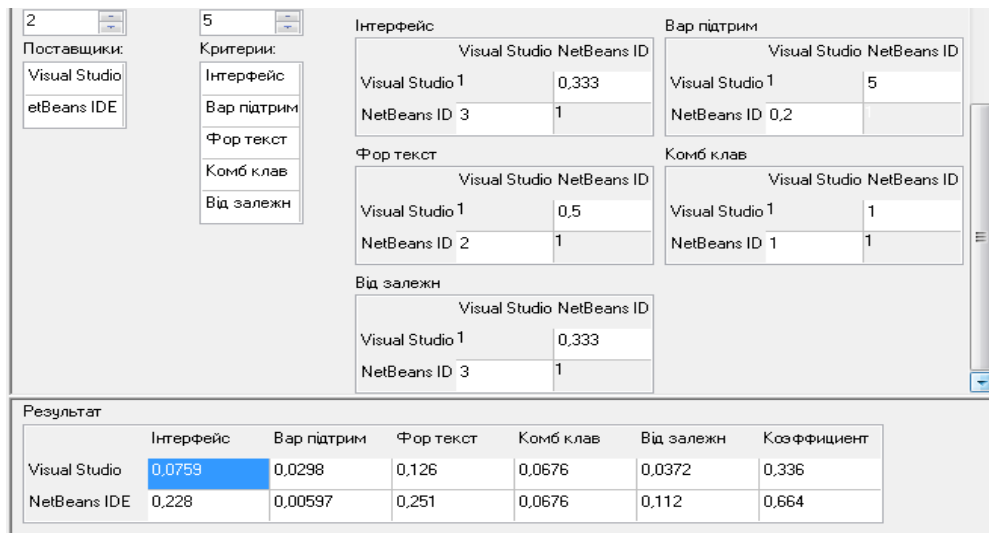


Рис. 2. Вікно програми за методом аналізу ієрархій

Методологія аналізу ієрархій має практичне застосування в управлінні транспортно-логістичною системою країни для вирішення транспортної задачі та знаходження найкоротших відстаней і маршрутів. На сьогоднішній день концепція транспортного планування залишається актуальною, наприклад, використання математичного апарату Trans Modeler від Caliper дозволяє розраховувати по всіх деталях напрямки потоків особистого та громадського транспорту. Враховується навіть агресивність водіїв, стан дорожнього полотна, вводиться пункт відправлення, пункт призначення, і програма допомагає знайти оптимальний маршрут з пункту А в пункт В різним громадським транспортом. Планувальник від Transport for London більш зручний для планування поїздок по Лондону.

В Італії в якості експерименту для відстеження міського трафіку використовують операторів мобільного зв'язку. Наприклад, в Римі на великі дисплеї в режимі реального часу виводяться результати моніторингу стільникових сигналів, демонструючи затори на дорогах. Розробку італійського проекту Real Time Rome очолив професор Массачусетського технологічного інституту Карло Ротті. В таксі та автобусах дані від мобільних операторів та GPS аналізуються лабораторією, відокремлюючи застряглих в пробці водіїв від тих що просто стоять, та із затримкою близько 5 хвилин виводяться на екрани. За отриманим зображенням людина легко визначить, де зібралася пробка.

На рис. 3 представлено вікно модулю «Управління Автотранспортом для України» фірми ІС. Дана програма дає широкі можливості для підвищення результативності діяльності автотранспортного підприємства.

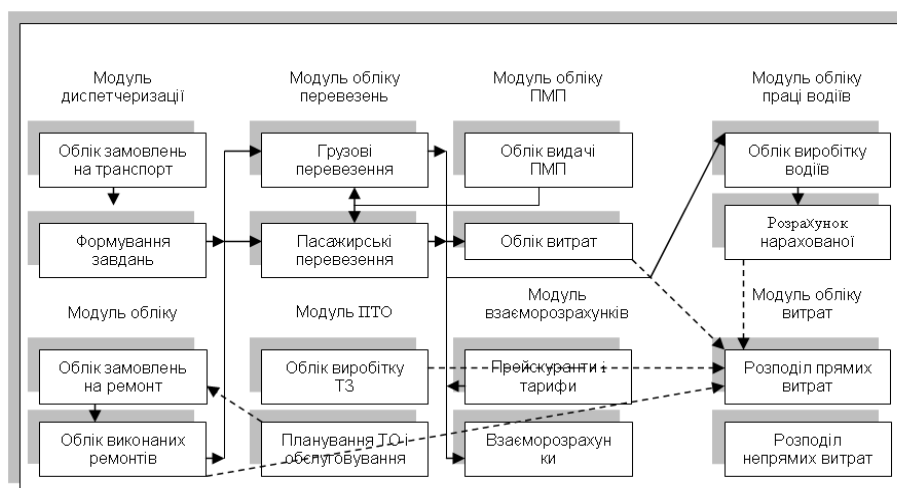


Рис. 3. Структурна схема системи «Управління автотранспортом для України»

Модуль (рис. 3) виконує функції обліку: перевезень, праці, замовлень на транспорт та ін. Для управління автотранспортом водіям та керівникам підприємств необхідно мати можливість за допомогою програмного забезпечення вести не тільки облік, а й визначати найкоротші відстані та

оптимальні маршрути з метою мінімізації витрат. Такі задачі розглядаються на основі теорії графів, до яких зводяться задачі перевезень у логістиці, оптимізації переміщення маніпуляторів у робототехніці, обрання оптимального складу пакету тиражованих програм та конфігурації мережі у обчислювальній техніці та інші. За математичною постановкою ці задачі переважно зводяться до задачі пошуку мінімального шляху та мінімального покриття. Актуальність таких задач висуває необхідність їх розв'язання за допомогою простого і доступного у використанні програмного забезпечення.

Для вирішення завдання пошуку найкоротших шляхів є можливість вибору алгоритму. Можна застосувати алгоритм Флойда (еквівалентний алгоритму Данцига) або Дейкстри з багаторазовим повтором при виборі вершини графа [11]. Для вибору одного з алгоритмів необхідно порівняти обсяг обчислень по кожному з алгоритмів, здійснивши процедуру оцінки числа операцій в алгоритмі, в якому число виконуваних операцій практично незмінне. Такими алгоритмами при фіксованому вихідному графі є алгоритми Дейкстри, Флойда та Данцига. Проте існують алгоритми, в яких число операцій не визначене заздалегідь. Для алгоритмів такого типу при аналізі обчислювальної складності визначають верхню межу можливого числа операцій. В основному, алгоритми пошуку найкоротших шляхів складаються з операцій двох типів: операції додавання та операції порівняння по мінімуму (з двох величин визначається менша) [11]. При порівнянні числа операцій в алгоритмах Данцига (Флойда), Дейкстри та Форда, слід відміти, в алгоритмі Флойда необхідно обчислювати  $N$  матриць  $D_1, D_2, \dots, D_N$ , загальна кількість операцій пропорційна  $2N^3$ , а загальне число операцій в алгоритмі Дейкстри  $1,5N^2$ , в алгоритмі Форда  $1,5N^3$ . Послідовність виконання алгоритму Данцига включає [11].

Крок 1. Визначити номер вершини вихідної мережі цілими числами від 1 до  $N$ . Сформувати матрицю  $D_0$  (розмірністю), де кожен елемент визначає довжину найкоротшої дуги з вершини  $i$  до вершини  $j$ . В разі відсутності такої дуги покласти максимально велике число, або безкінечність.

Крок 2. Через  $D_n$  позначається матриця розмірністю  $n \times n$  з елементами  $i$  та  $j$ . Послідовно визначити елементи матриці  $D_1$  з елементів матриці  $D_0$ , що приймає значення 1, 2, ...  $N$  [11]:

$$d_{mj}^m = \min_{i=1,2,\dots,m-1} \{d_{mi}^0 + d_{ij}^{m-1}\} \quad (j = 1, 2, \dots, m-1) \quad (1)$$

$$d_{im}^m = \min_{j=1,2,\dots,m-1} \{d_{ij}^{m-1} + d_{jm}^0\} \quad (i = 1, 2, \dots, m-1) \quad (2)$$

$$d_{ij}^m = \min \{d_{im}^m + d_{mj}^m ; d_{ij}^{m-1}\} \quad (i, j = 1, 2, \dots, m-1) \quad (3)$$

Крім того, для всіх  $i$  і  $m$  виконується рівність  $d_{ii}^m = 0$ .

Практична програмна реалізація вивченого алгоритму знаходження найкоротшої відстані та маршруту за алгоритмом Данцига представлена на рис. 4. При введенні відстаней між точками в матрицю відстаней і запуску програми на екран виводяться результати рішення, матриці відстаней та матриці послідовності вузлів.

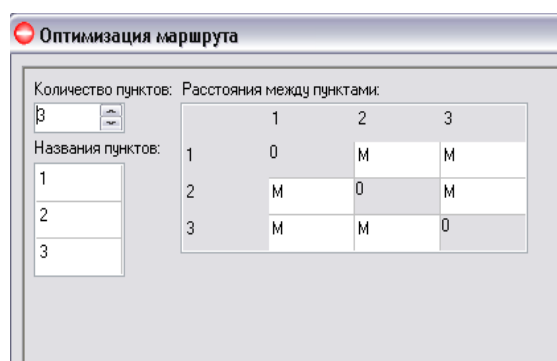


Рис. 4. Екрана форма вікна введення даних в програму

Після введення даних користувач отримає за запитом між будь-якими пунктами оптимальний маршрут та має можливість моделювати будь-які ситуації, змінюючи значення введених даних. Для отримання наглядного результату, більш зручного для користувача, студенти мають можливість показати їх на карті, приєднавши її до програми.

Практичне застосування зазначеної в статті задачі дозволяє керівництву підприємств автомобільної галузі ефективно планувати запаси паливно-мастильних матеріалів, моделювати доставку продукцію в оптимальні терміни з найменшими витратами. Студенти також мають можливість прорахувати економічну ефективність результатів за допомогою порівняльної характеристики даних по підприємству (матриця  $D_0$ ) і отриманих результатів (матриця  $D_n$ ). Вивчаючи методи оптимізації,

методологію задач чисельного аналізу, студенти набувають практичних навичок та розробляють програмне забезпечення для їх рішення.

### Висновки

Процеси ринкових відносин значно актуалізують роль оптимізаційних методів в системі управління для прийняття оптимальних рішень з використанням сучасних інформаційних технологій. Враховуючи вищезазначене, при підготовці майбутніх програмістів важливим стає надання відповідних компетентностей, що будуть актуальними на ринку праці в ІТ-галузі та інших сферах господарювання. В даній статті розглянуто актуальність практико-орієнтованого підходу в підготовці ІТ-фахівців, які здатні розробляти сучасне програмне забезпечення з використанням математичного інструментарію для прийняття оптимальних рішень. Наведено приклади розробки програмного забезпечення на базі оптимізаційних алгоритмів з використанням сучасних мов програмування для підготовки студентів спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Матеріали статті знайшли своє відображення в методичних рекомендаціях для виконання лабораторних занять для студентів спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» з дисциплін: «Чисельні методи», «Теорія прийняття рішень».

### Список використаної літератури

1. Альфред В. Ахо Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий. М.: Вильямс, 2008. 689 с.
2. Арнольд К., Гослинг Д. Язык программирования Java. Пер. с англ. СПб.: Питер, 1997. 304 с.
3. Берд Б. Java для чайников. М.: Диалектика / Вильямс, 2013. 521 с.
4. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем. 2-е изд. М.: Финансы и статистика, 2013. 432 с.
5. Богач І.В., Довгалець С.М., Дубовой В.М. Алгоритми розв'язання задач з програмування. Решебник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 119 с.
6. Гарнаев А. WEB-программирование на Java и JavaScript. М.: Питер, 2017. 718 с.
7. Гонсалвес Э. Изучаем Java EE 7. М.: Питер, 2016. 640 с.
8. Гупта А. Java EE 7. Основы. М.: Вильямс, 2014. 336 с.
9. Савитч У. Язык Java. Курс программирования. М.: Вильямс, 2015. 928 с.
10. Схрейвер А. Теория линейного и целочисленного программирования: в 2-х томах./Пер. с английского. М.: Мир, 1991. 360 с.
11. Таха Х.А. Введение в исследование операций. М.: Издательский до «Вильямс», 2005. 912 с.
12. Эккель Б. Философия Java. М.: Питер, 2016. 809 с.
13. Экономико-математические методы и прикладные модели: Уч. Пособие для вузов/В.В. Федосеев, А. Н. Гармаш, Д. М. Дайитбеговидр. М.: ЮНИТИ, 2009. 391 с.
14. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии: расчетно-графическая работа/сост. Л.И. Поленищенко, Д.В. Айдаркин. Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2013.

### References

1. Alfred V. Akho Kompilyatory. Pryntsyry, tekhnolohyy y ynstrumentaryi. M.: Vyliams, 2008. 689 p.
2. Arnold K., Hoslynh D. Yazyk prohrammyrovanyia Java. Per. s anhl. SPb.: Pyter, 1997. 304 p.
3. Berd B. Java dlia chainykov. Moscow: Dyalektyka / Vyliams, 2013. 521 p.
4. Berezhnaia E.V. Matematycheskye metody modelyrovanyia ekonomycheskykh system. 2-e yzd. Moscow: Fynansy y statystyka, 2013. 432 p.
5. Bohach I.V., Dovhalets S.M., Dubovoi V.M. Alhorytmy rozv'iazannia zadach z prohramuvannia. Reshebnyk. Vynnytsia: VNTU, 2017. 119 p.
6. Harnaev A. WEB-prohrammyrovanye na Java y JavaScript. Moscow: Pyter, 2017. 718 p.
7. Honsalves Э. Yzuchaem Java EE 7. Moscow: Pyter, 2016. 640 p.
8. Hupta A. Java EE 7. Osnovy. Moscow: Vyliams, 2014. 336 p.
9. Savytch U. Yazyk Java. Kurs prohrammyrovanyia. Moscow: Vyliams, 2015. 928 p.
10. Skhreiber A. Teoryia lyneinoho y tselochyslennoho prohrammyrovanyia: v 2-khtomakh. /Per. s anhlyiskoho. Moscow: Myr, 1991. 360 p.
11. Takha Kh. A. Vvedenye v yssledovanye operatsii. M.: Yzdatelskyi do «Vyliams», 2005. 912 s.
12. Эккел В. Fylosofyia Java. M.: Pyter, 2016. 809 p.
13. Экономыко-математыcheskye metody y prykladnye modely: Uch. Posobyе dlia vuzov / V.V. Fedoseev, A. N. Harmash, D. M. Daiytbehovydr. Moscow: YuNYTY, 2009. 391 p.
14. Элементы lyneinoi alhebry y analytycheskoi heometryy: raschetno-hrafycheskaia rabota / sost. L.Y. Polenyshchenko, D.V. Aidarkyn. Ulianovsk: UVAU HA(Y), 2013.