

рів магазину опорів. Наприклад, за наявності магазину опорів з максимальним значенням величини електричного опору, припустимо, 1000 Ом та мінімальним – 0,001 Ом, ми можемо вимірювати значення невідомого електричного опору від 10^{-9} Ом до 10^9 Ом, відповідно.

Оскільки значне розширення області значень величини вимірюваного електричного опору призведе до необхідності збільшити кількість зразкових електричних опорів для покриття всієї множини значень із збереженням попереднього рівня насиченості діапазонування, здійснювати цей процес розширення потрібно додатково у тих випадках, коли величина вимірюваного електричного опору в процесі визначення діапазону її значень, згідно з отриманими результатами, знаходиться в околі граничних точок первинної множини значень вимірюваної величини електричного опору, котрі власне і представляють встановлені границі вимірювання.

Висновок. У роботі розроблено модель функціонування підсистеми автоматичного визначення діапазону значень величини вимірюваного електричного опору на конкретному прикладі, а також здійснено аналіз отриманих результатів. Розроблена модель функціонування дає змогу встановити основні закономірності загальної поведінки як усієї підсистеми, так і конкретних її параметрів. Шляхом аналізу отриманих результатів роботи моделі було запропоновано кілька варіантів розподілу насиченості діапазонування області вимірювання, наведено їх основні переваги та недоліки, а також особливості застосування. Крім того, у роботі розглянуто можливість розширення області значень вимірюваної величини електричного опору на основі рівняння балансу мостової схеми, що дає змогу значно розширити обчислювальні можливості розробленої підсистеми без додаткових апаратних засобів.

Література

1. Kruglick J.J. EFAB Technology and Applications / J.J. Kruglick, A. Cohen, C. Bang // MEMS: Design and Fabrication / Mohamed Gad-el-Hak, ed. – 2nd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2006. – 664 p.
2. Коллаков Ф.Ф. Микроэлектромеханические устройства в радиотехнике и системах телекоммуникаций : учебн. пособ. / Ф.Ф. Коллаков, Н.Г. Борзяк, В.И. Кортунов. – Харьков : Изд-во НАУ ХАИ, 2006. – 82 с.
3. Minhang Bao Analysis and Design Principles of MEMS Devices, – 1st edition: Elsevier Science, 2005. – 328 p.
4. James J. Allen Micro Electro Mechanical System Design, – 1st edition : CRC Press / J. James, 2005. – 496 p.
5. Marc J. Madou Fundamentals of Microfabrication: The Science of Miniaturization, – 2nd edition : CRC Press / J. Marc, 2002. – 752 p.
6. Городовский А.Ф. Мосты постоянного тока / А.Ф. Городовский. – М. : Изд-во "Энергия", 1964. – 87 с.
7. Пукач А. Методи та схеми вимірювання значення невідомого опору електричного кола / А. Пукач, Р. Іванців, В. Теслюк // Технічні вісті : наук.-публіцист. часопис НУ "Львівська політехніка". – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2010. – С. 160-163.

Пукач А.И., Теслюк В.Н., Иванців Р.-А.Д., Загарюк Р.В. Модель функционирования подсистемы автоматического определения диапазона значений величины измеряемого электрического сопротивления

Разработана модель функционирования подсистемы автоматического определения диапазона значений величины измеряемого электрического сопротивления на конкретном примере, а также осуществлен анализ полученных результатов. Разрабо-

танный модель функционирования позволяет установить основные закономерности общего поведения как всей подсистемы, так и конкретных ее параметров. Предложено несколько вариантов распределения насыщенности диапазонов области измерения, приведены их основные преимущества и недостатки, а также особенности применения. Предложено возможность расширения области значений измеряемой величины электрического сопротивления на основе уравнения баланса мостовой схемы, что позволяет значительно расширить вычислительные возможности разработанной подсистемы без дополнительных аппаратных средств.

Ключевые слова: модель, электрическое сопротивление, область измерения, мостовая схема, МЭМС.

Pukach A.I., Teslyuk V.M., Ivantsiv R.-A.D., Zagaryuk R.V. Functioning model for measured electric resistance value range determining subsystem

Functioning model for measured electric resistance value range determining subsystem, based on specific example, is developed. Analysis of derived results was performed as well. Developed functioning model allows to establish basic regularities of general behavior of all subsystem and its specific parameters. Several variants of distribution for measuring area ranging saturation were proposed, their main advantages and disadvantages both with peculiarities of usage were described. A possibility of expanding range of measured electric resistance value, based on a bridge circuit balance equation was proposed, which allows significantly expand computing power of developed subsystem without additional hardware.

Keywords: model, electric resistance, measuring area, bridge circuit, MEMS.

УДК 681.142.2; 622.02; 658.284; 621.325

Аспірт. Алі Рекік –
НУ "Львівська політехніка"

ПРОГРАМНА СИСТЕМА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ З МОДИФІКОВАНИМИ КРАЙОВИМИ УМОВАМИ

Розроблено модуль програмної системи, яка призначена для транспортної задачі у складі програмної системи підтримки управлінських стратегій у корпоративних ієрархічних системах з розмитою структурою. При побудові математичної моделі та розробленні програмних засобів для покращення підтримки управлінських стратегій використано інтегрований підхід, який базується на методах статистичного моделювання та сучасні інформаційні технології для їх реалізації, мінімаксного програмування з імовірнісними обмеженнями та теорії генетичних і еволюційних алгоритмів. Запропоновано спрощення формулювання крайових умов, яке розширює можливості врахування зовнішніх факторів без втрати точності вирішення завдання загалом.

Вступ. Програмні засоби повинні забезпечити високу ефективність використання обладнання та роботу в реальному часі. Проведений аналіз методів для розробки та аналізу функціонування систем підтримки управлінських стратегій показав, що ці алгоритми є достатньо великої алгоритмічної складності. Ефективно реалізувати такі алгоритми можна шляхом одночасного використання як універсальних, так і спеціальних підходів. Зокрема під час розроблення програмних засобів для покращення підтримки управлінських стратегій пропонуємо використовувати інтегрований підхід, який враховує такі основні елементи:

- методи статистичного моделювання та сучасні інформаційні технології для їх реалізації;
- методи мінімаксного програмування з імовірнісними обмеженнями.
- методи теорії генетичних і еволюційних алгоритмів;

- методи теорії нечітких множин і теорії ігор;
- методи системного аналізу і теорії СМО й ін.

Постановка задачі. Основним завданням роботи є модифікація крайових умов для формування транспортної задачі [2, 3] з імовірнісними обмеженнями [1, 4] та реалізація цієї моделі у вигляді програмного модуля у складі системи підтримки управлінських стратегій у корпоративних ієрархічних системах з розмитою структурою.

Основним об'єктом дослідження виступають процеси прийняття рішень. Розроблення програмних рішень повинне ґрунтуватись на концепціях:

- розпаралелювання програмного коду;
- повторного використання програмного коду (засади концепції ООП та компонентного програмування).

З метою реалізації цих концепцій у цій роботі використовували:

- методи та засоби автоматизованого проектування апаратного і програмного забезпечення;
- модель потоків для ОС із витісненням для реалізації паралелелізму;
- сучасні ІТ для побудови користувацьких інтерфейсів.

Користувацьке управління паралельними потоками здійснювали на основі:

- розробленого архітектурного рішення управління потоками на основі користувацького менеджера потоків;
- підсистема пріоритетів, яка реалізована у ОС Windows;
- користувацької моделі синхронізації потоків на основі критичних секцій і спин-блокування;
- моделі синхронізації на основі об'єктів ядра, зокрема семафорів.

1. Структура програмного модуля для системи оптимізації вибору маршрутів. Структуру виокремленого засобу програмної системи підтримки управлінських стратегій у корпоративних ієрархічних структурах з розмитою структурою (СКСКІЗС), а саме модуля знаходження оптимального транспортного маршруту (МВОМ), представлено на рис. 1.

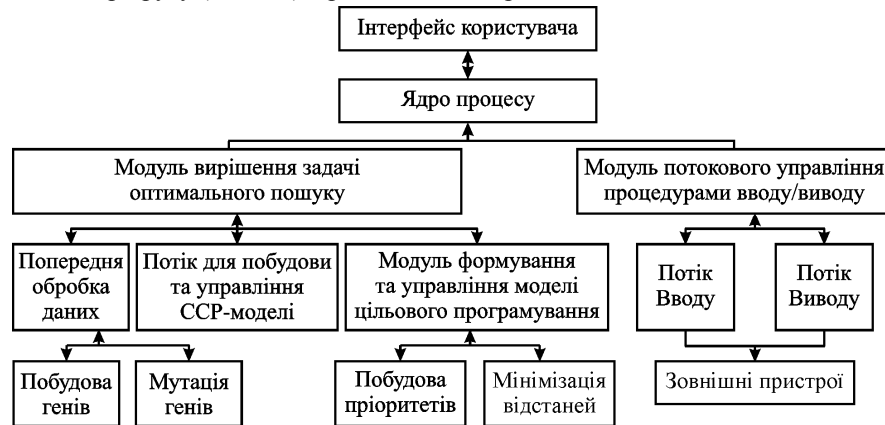


Рис. 1. Структура модуля знаходження оптимального транспортного маршруту програмного засобу СПСКІЗС

Структуру самої системи в роботі не приводимо, оскільки основним об'єктом дослідження є модуль визначення оптимального маршруту. МВОМ у загальній архітектурі програмного рішення через ядро процесу зв'язаний модулем вводу та виводу даних СПСКІЗС. Тому на рис. 1 зображено обидва модулі. Основним завданням МВОМ є вирішення стохастичної задачі маршрутизації з використанням ССР-моделі [1, 4] із структурним представленням і використанням операцій кросинговера і мутації генів.

У зв'язку з цим серед прикладних функціональностей модуля розглядається:

- попереднє оброблення даних: формування допустимих значень хромосом і генів; використання кросинговера для розширення набору хромосом; мутація хромосом;
- статистичне оброблення: ССР-модель – побудова довірчих інтервалів (для задоволення потреб окремого споживача і усіх клієнтів); модель цільового програмування з імовірнісними обмеженнями (базовану на рівнях пріоритетів).

2. Функціональності МВОМ. Розглянемо детальніше прикладні функціональності МВОМ. Першу групу функціональностей вирішує завдання попереднього опрацювання даних. Тут вирішують такі задачі:

- вводу даних – на рис. 2 наведено зріз вікна вводу даних для стохастичної задачі маршрутизації.

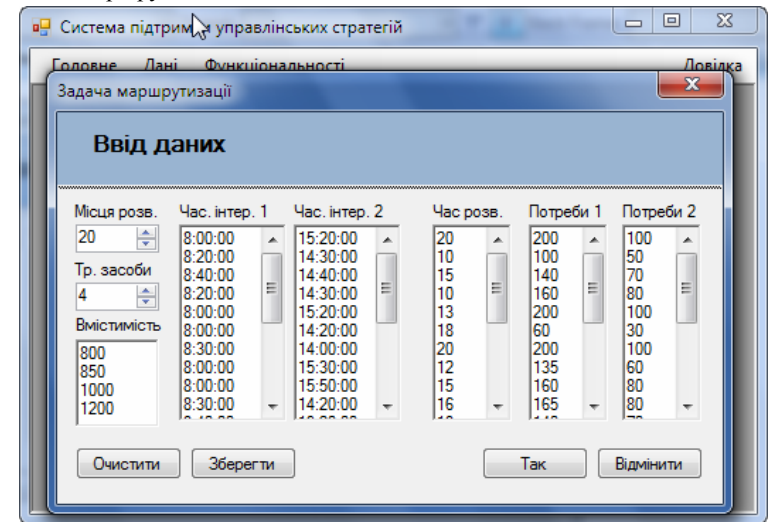


Рис. 2. Інтерфейс вводу даних для МВОМ

Незважаючи на те, що реалізація операцій вводу-виводу здійснена в окремому модулі, інформація про тип вводу передається в ІО-модуль, залежно від чого формується специфічний інтерфейс користувача. Тут визначальним є задання:

- кількості транспортних засобів $k = 1, 2, 3, 4$;
- їх вмістимості Q_k ;

- кількості місць доставки (розвантаження) $n = 20$;
- часу розвантаження в цих місцях S_i ;
- потреби в цих місцях μ_i і σ_i ;
- часові інтервали доставки вантажів $[a_i, b_i]$.

Формування генів та мутації хромосом – є основними операціями етапу попереднього оброблення. Для цього із заданої кількості клієнтів $n = 20$ шляхом випадкового перегрупування послідовності $\{1, 2, \dots, 20\}$ формується початкове значення хромосоми $x = \{x_1, \dots, x_n\}$. Далі для кожного i будується діапазон $1 \leq i \leq m-1$ і задається у відповідність випадкове число y_i із інтервала $[0; n]$. Внаслідок цього отримується ген $y = \{y_1, \dots, y_{m-1}\}$, значення якого є впорядкованими по зростанню. Останній ген $t = \{t_1, \dots, t_m\}$, будується із випадкових на інтервалі $[a, b]$ чисел t_i , які визначаються для кожного діапазону $1 \leq i \leq m$. Надалі для кожного i будується діапазон $1 \leq i \leq m-1$. Внаслідок маршрутний план може бути представлений за допомогою хромосоми $V = (x, y, t)$, у якій гени x, y, t збігаються з незалежними збіжними задачі вибору оптимального маршруту.

Мутацію хромосоми V здійснимо шляхом мутації кожного її гена. Так, для гена x за двома випадково вибраними з діапазону $[1, n]$ мутаційними позиціями n_1 та n_2 здійснюємо випадкове перегрупування підпоследовності $\{x_{n_1}, \dots, x_{n_2}\}$ у підпоследовність $\{x'_{n_1}, \dots, x'_{n_2}\}$. Внаслідок отримуємо новий ген $x' = \{x_1, \dots, x_{n_1-1}, x'_{n_1}, \dots, x'_{n_2}, x_{n_2+1}, \dots, x_n\}$.

Подібним способом, з діапазону $[1, m-1]$ випадково вибираються мутаційні позиції n_1 та n_2 для гена y і формується підпоследовність $\{y'_{n_1}, \dots, y'_{n_2}\}$, за допомогою якої після випадкового перегрупування та сортування по зростанню формується мутаційний ген $y' = \{y_1, \dots, y_{n_1-1}, y'_{n_1}, \dots, y'_{n_2}, y_{n_2+1}, \dots, y_{m-1}\}$.

Оскільки ген t приймає значення із гіперкуба $\mathbf{R}^m = [a, b]^m$, то для його мутації шляхом вибору мутаційного напрямку d мутаційний ген t' визначається за формулою $t' = t + Md$, де M – випадкове число, яке є довжиною кроку ітераційного процесу. Цей процес завершується за умови, коли $t' \in \mathbf{R}^m$. В протилежному випадку – $t' = t$.

Результатом описаних дій за заданими на рис. 2 даними є матриці часу переміщення і відстаней, які наведено на рис. 3. Ці дії є завершальними на етапі попереднього оброблення даних.

Друга група функціональностей вирішує завдання побудови моделі, її практичне розв'язання, виведення та збереження результатів. Тут розв'язуються такі задачі:

- побудова довірчих інтервалів (ССР-модель). Для побудови моделі визначимо значення P_1 рівня довіри β_i прибуття f транспортного засобу до i -го клієнта (місця) у межах заданого i -м клієнтом i -го часового інтервалу Λ_i (наприклад, $P_1 = 90\%$.) Тоді

$$P_1 \left\{ f_i(x, y, t) \in \Lambda_i = [a_i, b_i]_{i=1, \dots, n} \right\} \geq \beta_i = 0.90. \quad (1)$$

Окрім цього, встановлюємо значення довірчого рівня для визначення задоволення усіх потреб клієнтів, наприклад значення 80% . Тоді маємо

$$P_2 \left\{ \sum_{j=y_{k-1}+1}^{y_k} q_{x_j} \leq Q_k, k=1, 2, 3, 4 \right\} \geq \alpha = 0.80, k; j=1, 2, 3. \quad (2)$$

Внаслідок ССР-модель матиме вигляд

$$\begin{aligned} & \min g(x, y) \\ & \text{за обмежень} \\ & n = 20; \beta_i = 0.90; \alpha_k = 0.80; \\ & P_1 \{ f_i(x, y, t) \in \Lambda_i, i=1, \dots, n \} \geq \beta_i; \\ & 1 \leq x_i \leq n, x_i \neq x_j, i, j=1, \dots, n; \\ & 0 \leq y_1 \leq y_2 \leq y_3 \leq n; \\ & P_2 \left\{ \sum_{j=y_{k-1}+1}^{y_k} q_{x_j} \leq Q_k, k=1, 2, 3, 4 \right\} \geq \alpha_k; j=1, 2, 3; \\ & x_i, y_j \in \square^+. \end{aligned} \quad (3)$$

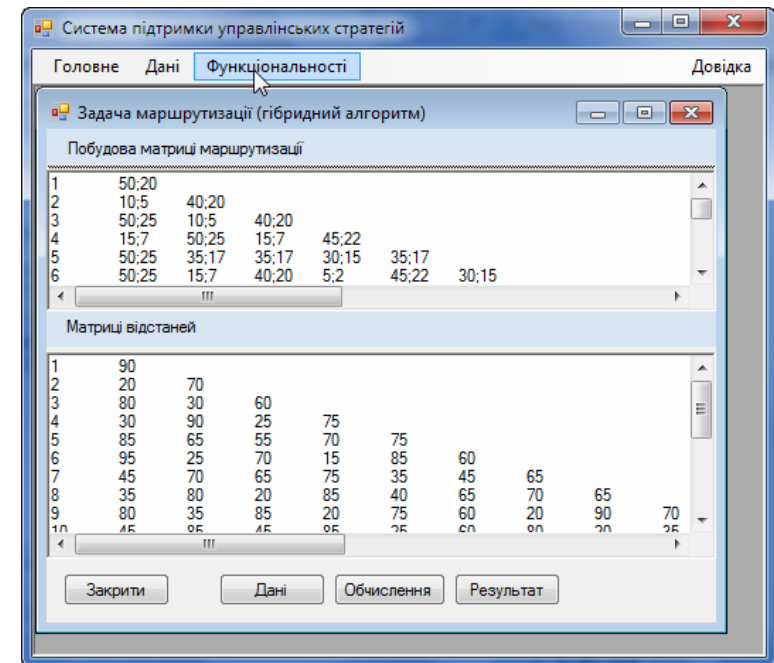


Рис. 3. Результати попереднього опрацювання даних для МВОМ

- Модель цільового програмування з імовірнісними обмеженнями (базовану на рівнях пріоритетів). Основним завданням цієї функціональності є визначення двох рівнів пріоритетів. Перший з них визначає те, що для відвідування транспортним засобом кожного клієнта повинно потрапляти у визначений часовий проміжок $[a_i, b_i]$ з довірчим рівнем 0.90 . А це відразу накладає цільові обмеження

$$\min \sum_{i=1}^{20} (d_i^+ + d_i^-)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0;$$

$$P_1 \{ f_i(x, y, t) - b_i < d_i^+, i = 1, \dots, n \} \geq 0.90;$$

$$P_1 \{ a_i - f_i(x, y, t) < d_i^-, i = 1, \dots, n \} \geq 0.90.$$

Другий рівень пріоритету полягає у мінімізації відстані, яка повинна бути пройдена усіма транспортними засобами (на рис. 4 позначена як L). Відповідне цільове обмеження має вид

$$g(x, y) - d_{21}^+ + d_{21}^- = 0. \quad (5)$$

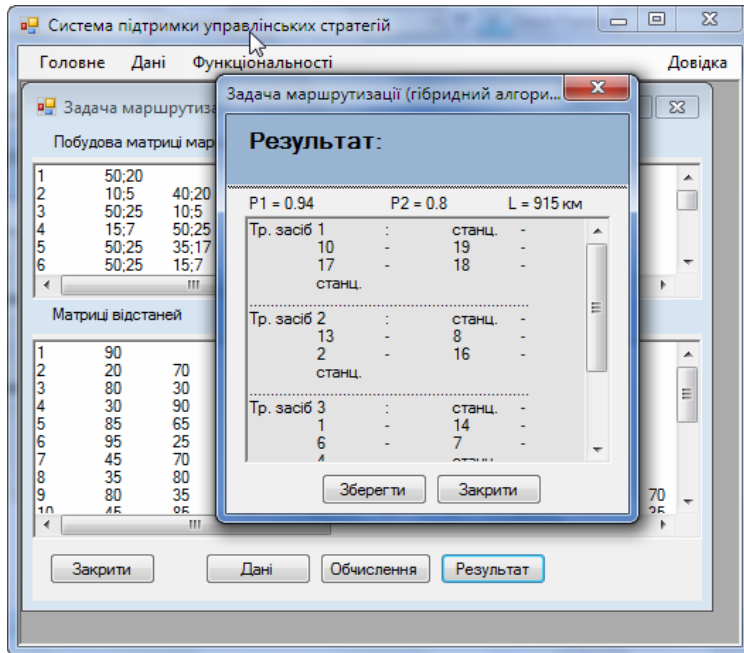


Рис. 4. Результати розв'язання задачі пошуку оптимальних транспортних маршрутів засобом МВОМ

Внаслідок ССР-модель перетворюється у модель цільового програмування з імовірнісними обмеженнями для стохастичної задачі маршрутизації

$$\text{lex min} \left\{ \sum_{i=1}^n (d_i^+ + d_i^-), d_{n+1}^+ \right\}$$

за обмежень

$$n = 20; \beta_i = 0.90; \alpha_k = 0.80;$$

$$P_1 \{ f_i(x, y, t) - b_i < d_i^+ + \varepsilon_i^-, i = 1, \dots, n \} \geq \beta_i;$$

$$P_1 \{ a_i - f_i(x, y, t) < d_i^- - \varepsilon_i^-, i = 1, \dots, n \} \geq \beta_i.$$

$$g(x, y) - d_{n+1}^+ + d_{n+1}^- = 0;$$

$$1 \leq x_i \leq n, x_i \neq x_j, i, j = 1, \dots, n;$$

$$0 \leq y_1 \leq y_2 \leq y_3 \leq n;$$

$$\varepsilon_i^-, \varepsilon_i^+ \in [0, 1];$$

$$P_2 \left\{ \sum_{j=y_{k-1}+1}^{y_k} q_{x_j} \leq Q_k, k = 1, 2, 3, 4 \right\} \geq \alpha_k, j = 1, 2, 3;$$

$$x_i, y_j \in N^+, d_i^+, d_i^- \geq 0.$$

Виведення результату. На рис. 4 наведено результати розрахунку засобом МВОМ оптимальних маршрутів для чотирьох транспортних засобів. Отримано підтвердження прийнятої гіпотези про виконання плану перевезень із значеннями із довірчих рівнів:

$$P^* \{ f_i(x^*, y^*, t^*) \in [a_i, b_i]_{i=1, \dots, n} \} = 0.94; \quad (7)$$

$$P_2^* \left\{ \sum_{j=y_{k-1}+1}^{y_k} q_{x_j} \leq Q_k, k = 1, 2, 3, 4 \right\} = 0.8. \quad (8)$$

На рис. 4 вони позначені як P_1 та P_2 . Окрім цього, визначено загальну відстань (L), яку проїхали усі транспортні засоби та початковий час для кожного транспортного засобу (рис. 4)

Збереження результатів. МВОМ володіє засобом збереження результатів розрахунку, але, подібно до вводу даних, також через ІО-модуль. Зазначимо, що збереженими можуть бути виключно результати розрахунку. Вхідні дані, а також проміжні розрахунки окремо не зберігаються. Збережені результати засобами системи можуть бути записані у файл чи відправлені по електронній пошті.

Висновки:

1. Спрощення вимог до формулювання крайових умов дає змогу без зменшення точності вирішення задачі загалом спростити її формулювання та постановку.
2. Запроноване розширення в граничних наближеннях дає змогу гнучкіше реагувати на впливи зовнішніх факторів і при цьому забезпечувати достатню розв'язку задачі.
3. Розроблений програмний комплекс для системи підтримки управлінських стратегій на базі ОС Windows може бути використаний у корпоративних ієрархічних системах з розмитою структурою.
4. Програмне забезпечення системи підтримки управлінських стратегій дає змогу його використати як загалом, так і для вирішення окремих задач, наприклад задачі вибору оптимального маршруту. Внаслідок використання об'єктно-орієнтованого підходу програмний комплекс по мірі виникнення потреби легко доповнюється необхідними модулями для реалізації нових алгоритмів підтримки управлінських стратегій.
5. Поточкова архітектура розробленого програмного забезпечення дає змогу розпаралелити обробку та аналіз даних, що дає змогу досягнути істотного прискорення в системах паралельної роботи програмних процесів.

Література

1. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования : пер. с англ. / Б. Лю. – М. : Изд-во "Бином". Лаборатория знаний, 2005. – 416 с.
2. Курейчик В.М. Решение транспортных задач с использованием комбинированного генетического алгоритма / В.М. Курейчик, Т.С. Емельянова // Труды 11-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября – 3 октября 2008 г.), г. Дубна, Россия. – М. : Физматлит, 2008. – Т. 1. – С. 158-164.
3. Емельянова Т.С. Решение эталонных транспортных задач с кластерным расположением клиентов с использованием генетических алгоритмов / Т.С. Емельянова // Нечеткие системы и мягкие вычисления (НСМВ-2008) : сб. науч. тр. Второй Всеросс. науч. конф. с междунар. участ. – 2008. – Т. 1. – С. 195-199.
4. Liu B. Theory and Practice of Uncertain Programming / B. Liu. – Berlin : Springer-Verlag, 2009. – 202 p.

Рекич Али. Программная система решения транспортной задачи с модифицированными краевыми условиями

Разработан модуль программной системы, которая предназначена для транспортной задачи в составе программной системы поддержки управленческих стратегий в корпоративных иерархических системах с размытой структурой. При построении математической модели и разработке программных средств для улучшения поддержки управленческих стратегий использован интегрированный подход, который базируется на методах статистического моделирования и современные информационные технологии для их реализации, минимаксного программирования с имплицитными ограничениями и теории генетических и эволюционных алгоритмов. Предложено упрощение формулировки краевых условий, которая расширяет возможности учета внешних факторов без потери точности решения задания в целом.

Rekik Ali. System for solution of transportation problem with modified boundary conditions

A module is a software system that is designed for the transportation problem in the software system to support management strategies in corporate hierarchical systems with fuzzy structure. In constructing mathematical models and developing software to improve support management strategies applied integrated approach based on methods of statistical modelling and modern information technology to implement them, mini-max programming possibility constraints and the theory of genetic and evolutionary algorithms. A simplified formulation of the boundary conditions to enhance the incorporation of external factors without losing accuracy of solving the problem as a whole.

УДК 004.[032.26+942] *Аспір. О.В. Скорохода; аспір. Б.Р. Андрієцький; проф. І.Г. Цмоць, д-р техн. наук; проф. Р.О. Ткаченко, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО СИНГУЛЯРНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Показано доцільність використання сингулярного спектрального аналізу для оцінювання параметрів динамічних об'єктів, проведено аналіз та вибрано нейромережеву парадигму для реалізації сингулярного спектрального аналізу, розроблено програмну нейромережу моделі геометричних перетворень і процедуру її адаптації до задачі підвищення точності вимірювання відстаней в умовах завод та неповної інформації.

Ключові слова: динамічні об'єкти, сингулярний спектральний аналіз, модель геометричних перетворень, давачі відстані.

Постановка проблеми. Динамічні об'єкти – це фізичні тіла та системи пов'язаних тіл, явища, технічні пристрої та системи пов'язаних пристроїв, а також технологічні процеси, що здатні сприймати зовнішні фізичні впливи та відгукуватися на них зміною вихідних фізичних величин, що характеризують стан і поведінку об'єкта [1]. На цьому етапі розвитку технологій важливим завданням є оцінювання та прогнозування вихідних параметрів різних динамічних об'єктів. Наприклад, актуальним є прогнозування вихідної потужності вітрогенераторів на основі зібраних даних про попередні значення цієї потужності, або збільшення точності даних, отриманих від різноманітних давачів в умовах завод та неповної інформації.

Складність розв'язання таких задач полягає у тому, що ці показники є наслідком впливу на динамічні об'єкти багатьох факторів, кожен з яких має різний ступінь впливу на результат. Особливо складною є задача, коли неможливо чітко виділити фактори впливу на систему і коли невідома величина впливу цих факторів на результуючий параметр.

На сьогодні поширеними є аналіз і прогнозування параметрів динамічних об'єктів за допомогою методів математичної статистики. Але традиційні підходи, що базуються на використанні класичних моделей, є задовільними тільки для об'єктів простої структури. Це пов'язано з тим, що вихідні параметри динамічних об'єктів формуються з кількох складових: повільної – трендом, періодичної складової та випадкової складової, що описується випадковим процесом певного типу. При цьому важливим фактором є те, що періодична складова характеризується періодичністю зі змінним періодом і амплітудою. Саме тому для дослідження параметрів динамічних об'єктів погано надаються класичні методи аналізу, такі як регресійний аналіз чи аналіз Фур'є, оскільки вони використовують розкладання вихідної функції в ряд за фіксованою системою базисних функцій, що породжує властивість строгої періодичності [2].

Саме тому актуальним завданням є використання для оцінювання та прогнозування характеристик динамічних об'єктів сингулярного спектрального аналізу (Singular Spectrum Analysis), який є динамічною модифікацією методу головних компонентів.

Завдання та мета дослідження. Сингулярний спектральний аналіз ґрунтується на дослідженні часового ряду методом головних компонентів і не потребує попередньої стабілізації ряду. Цей аналіз дає змогу досліджувати структуру часового ряду, виділити окремі його складові та прогнозувати як сам ряд, так і тенденції розвитку його складових. Класичний сингулярний спектральний аналіз має низку недоліків, які у багатьох випадках унеможливають його практичне застосування. Ці недоліки можна усунути шляхом використання нейромережових технологій.

Тому мета дослідження полягає в розробленні нейромережових засобів сингулярного спектрального аналізу для оцінювання параметрів динамічних об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Вибір нейромережової парадигми для реалізації сингулярного спектрального аналізу. Одним з найпоширеніших напрямків розвитку сингулярного спектрального аналізу є автоматизація про-