

Пахомова В.М.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна*

**Інтелектуальна підсистема вибору оптимальних
маршрутів потягів на основі генетичного алгоритму
Интеллектуальная подсистема выбора оптимальных
маршрутов поездов на основе генетического алгоритма
Intellectual Subsystem Choice of Optimal Train Route
Based on Genetic Algorithms**

Розроблена в середовищі MATLAB програмна модель «GA» на основі канонічного генетичного алгоритму, вхідні параметри якої кількість залізничних станцій, довжина залізниць та параметри генетичного алгоритму; на виході граф оптимального маршруту. Запропонована інтелектуальна підсистема вибору раціональних маршрутів вантажних потягів «IntelRuh» на основі моделі «GA» для залізничної мережі Донецької залізниці за різними системами маршрутизації: кільцевої та маятникової.

Ключові слова: залізнична мережа, інтелектуальна підсистема, кільцева та маятникова схеми маршрутизації, генетичний алгоритм, популяція, селекція, мутація.

Разработана в среде MATLAB программная модель «GA» на основе канонического генетического алгоритма, входные параметры которой количество железнодорожных станций, длина железных дорог и параметры генетического алгоритма; на выходе граф оптимального маршрута. Предложена интеллектуальная подсистема выбора оптимальных маршрутов поездов «IntelRuh» на основе модели «GA» для железнодорожной сети Донецкой дороги в соответствии с различными системами маршрутизации: кольцевой и маятниковой.

Ключевые слова: железнодорожная сеть, интеллектуальная подсистема, кольцевая и маятниковая схемы маршрутизации, генетический алгоритм, популяция, селекция, мутация.

Developed in MATLAB programming model «GA» on the basis of the canonical genetic algorithm, the input parameters are the number of railway stations, the length of railways and the parameters of the genetic algorithm; output graph optimal route. We propose an intelligent subsystem selection of optimal routes of trains «IntelRuh» on the basis model «GA» of the Donetsk railway network for the road, in accordance with various routing systems: ring and pendulum.

Keywords: railway network, intelligent subsystem, ring and pendulum routing schemes, genetic algorithm, population, selection, mutation.

На даний час у багатьох країнах світу, в тому числі державах Євросоюзу, Росії та Україні, зростає розуміння важливості вирішення глобальних проблем транспортних комплексів. У наш час на українських залізницях діє понад 1000 автоматизованих систем, основна із них система АСК ВП УЗ-Є (Автоматизована Система Керування Вантажними Перевезеннями Укрзалізниці Єдина) дає можливість вести поїзну, контейнерну, локомотивну моделі Дороги з передачею інформації в аналогічні моделі рівня Укрзалізниці [1]. Це дозволило вести оперативний контроль навантаження (вивантаження) вагонів і контейнерів, дислокацію локомотивів і локомотивних бригад, контроль проходження поїздів, облік і видачу попереджень у поїзної роботи.

На залізничному транспорті існують дві основні системи маршрутизації вантажних перевезень: маятникова та кільцева. Маятникова система полягає у взаємному транспортному зв'язку двох станцій, між якими постійно обертаються закріплені за даним маршрутом поїзди. Кільцева система характеризується транспортним зв'язком ряду залізничних станцій з послідувальною передачею вантажів від однієї станції в іншу. При виборі системи вантажних перевезень необхідно домагатися найкоротших шляхів просування вантажів та максимально високого коефіцієнту пробігу.

На сьогодні існує велика кількість математичних методів, за допомогою яких можна вирішити задачу маршрутизації на залізничному транспорті, але за останні роки при оптимізації складних систем дослідники все частіше застосовують природні механізми пошуку найкращих рішень. Сьогодні інтенсивно розробляється науковий напрям *Natural Computing* («Природні обчислення»), який поєднує методи з природними механізмами прийняття рішень, а саме: *Genetic Algorithms* – генетичні алгоритми; *Evolution Programming* – еволюційне програмування; *Neural Network Computing* – нейромережні обчислення; *DNA Computing* – ДНК обчислення; *Cellular Automata* – клітинні автомати; *Ant Colony Algorithms* – мурашині алгоритми. Так, наприклад, в [2] була виконана спроба розробки інтелектуальної підсистеми вибору оптимальних маршрутів вантажних потягів на основі мурашиного алгоритму.

Слід зазначити, що в даний час генетичний метод - це цілий клас методів, спрямований на вирішення різноманітних завдань [3]: канонічний генетичний метод; генітор; метод переривчастої рівноваги; гібридний метод; СНС (*Cross-population selection, Heterogeneous recombination and Cataclysmic mutation*); генетичний метод з нефіксованим розміром популяції (*Genetic Algorithm with Varying Population Size - GAVaPS*).

Модель канонічного генетичного методу є класичною. Згідно їй, популяція складається з N хромосом з фіксованою розрядністю генів. За допомогою пропорційного відбору формується проміжний масив, з якого випадковим чином вибираються два батьки. Далі виробляється одноточковий кросинговер, і створені два нащадка мутують (одноточкова мутація) із заданою ймовірністю. Мутованні нащадки займають місця своїх батьків. Процес продовжується до тих пір, поки не буде досягнутий критерій закінчення алгоритму.

У представленій роботі розглядається спрощена залізнична мережа, для того щоб показати можливість використання генетичного алгоритму. Залізничну мережу Донецької залізниці запропоновано представити у вигляді неорієнтованого графу $G=(N,A)$ з кількістю вузлів N і кількістю ребер A , в якому кожному ребрі (i,j) призначене число d_{ij} . Вершини графу відповідають залізничним станціям можливого слідування, навантаження, розвантаження та оберту потягів, а множина ребер, що з'єднують вершини графа, відповідають прокладеним залізницям між цими станціями. У якості d_{ij} взята довжина залізничної дороги із станції i до станції j . Граф розрахункової ділянки мережі Донецької залізниці приведений на рис. 1 (довжина залізничних ліній наведена

в км). Довжина любого шляху $p_{im} = (i, j, k, \dots, l, m)$ визначається як $d_{ij} + d_{jk} + \dots + d_{lm}$. При кільцевій схемі обороту потягів необхідно вирішити задачу комівояжера, яка полягає у знаходженні оптимального (мінімального) маршруту, що проходить через всі станції один раз з послідуочим поверненням на станцію відправлення. При маятниковій схемі обороту потягів необхідно визначити мінімальне остовне дерево.

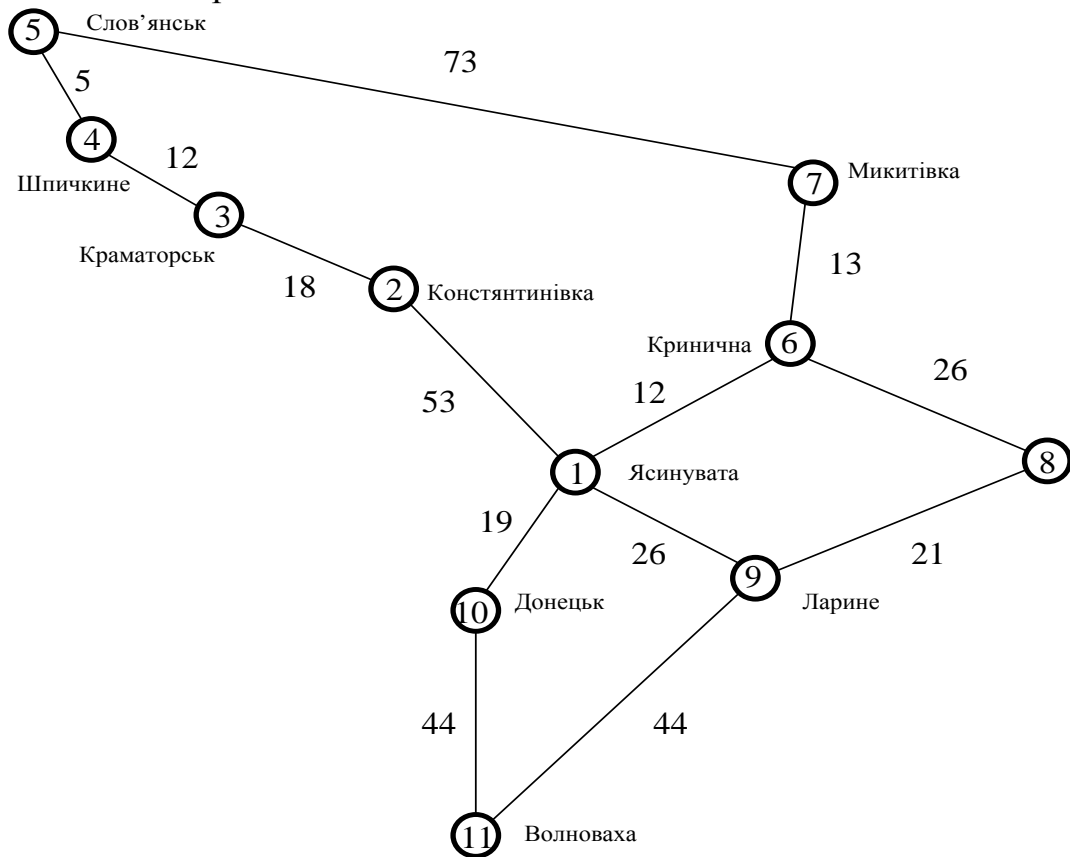


Рис. 1. Спрощений фрагмент мережі Донецької залізниці

Для вирішення задачі розроблена за допомогою MATLAB програмна модель «GA», структура якої відображена на рис. 2.

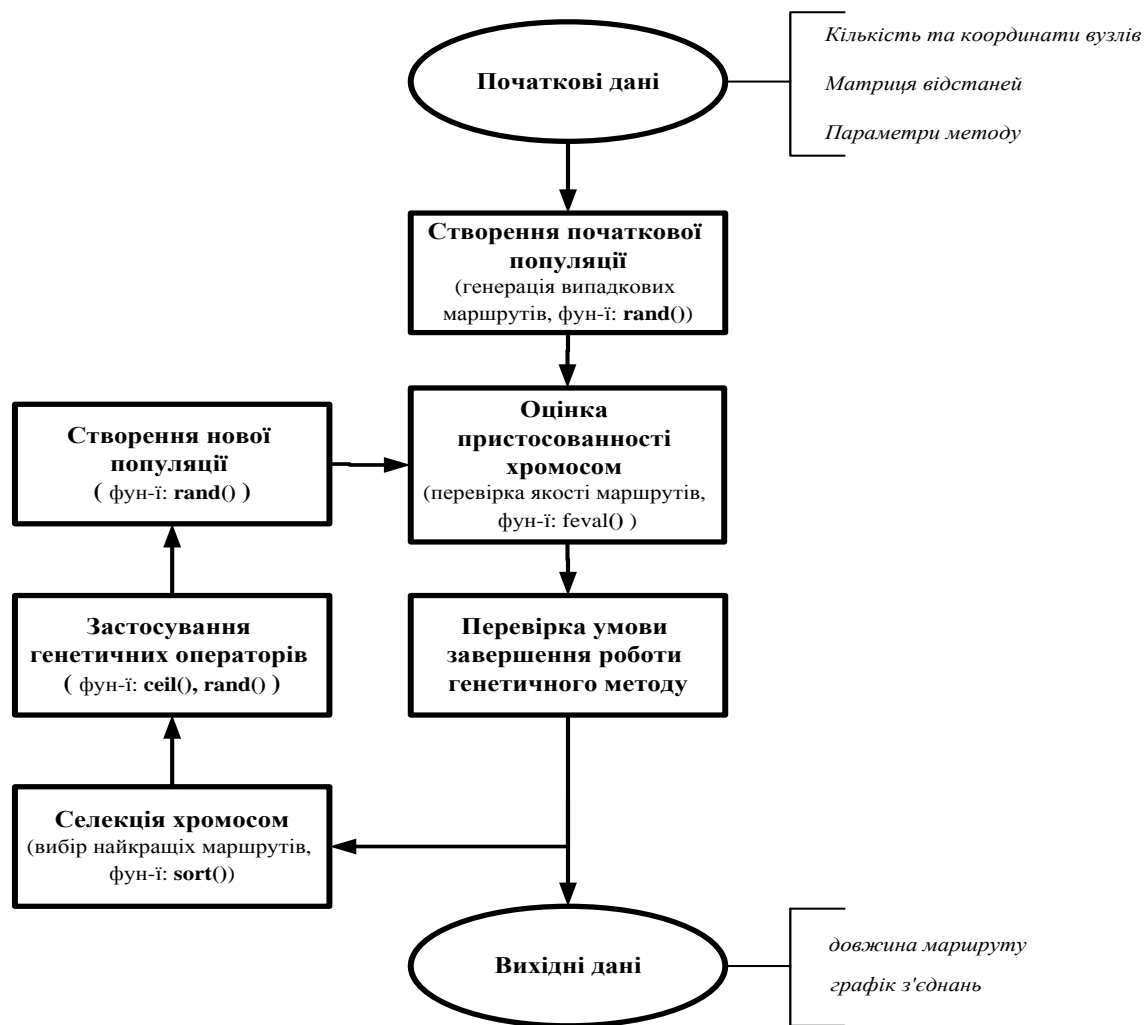


Рис. 2. Структура програмної моделі «GA»

Вхідними параметрами моделі являються: кількість залізничних станцій розглянутої ділянки; координати залізничних станцій на координатній площині; сформована матриця відстаней між відповідними залізничними станціями. До параметрів генетичного методу відносяться: розмірність початкової популяції; ймовірність виконання мутації та селекції над хромосомами популяції; максимальна кількість ітерацій. Початкова популяція представляє собою матрицю випадково згенерованих маршрутів.

Програмна модель «GA» працює в двох режимах: кільцева та маятникова система маршрутизації. Для задачі знаходження оптимального маршруту при маятничовій схемі, формується довільна залізнична станція відправлення, в якій і завершується маршрут, а для задачі знаходження оптимального маршруту в кільцевій схемі, необхідно вказати залізничну станцію відправлення (наприклад, станція Ясинувата) та станцію прибуття.

Виконання оператора схрещування між хромосомами популяції починається з генерації випадкової точки схрещування; за допомогою тимчасової змінної виконується обмін ділянками генів батьківських хромосом після цієї точки. Виконання оператора мутації між хромосомами поточної популяції виконується в залежності від встановленої її ймовірності. Робота цього оператора починається з вибору хромосоми з популяції та генерації двох

випадкових значень локусу; за допомогою тимчасової змінної виконується обмін генами між локусами батьківських хромосом.

Після створення матриці (популяції) випадково згенерованих маршрутів (хромосом) виконується оцінка пристосованості для кожної з них. Це дозволяє виділити найбільш «якісних» особин, які матимуть більше шансів на участь у наступних кроках моделі генетичного методу. Оцінка пристосованості дозволяє виконати розрахунок сумарної відстані для кожної випадкової хромосоми поточної популяції.

Перевірка умови завершення роботи моделі генетичного методу (в якості якої виступає задана кількість ітерацій) виконується за допомогою ітераційного лічильника. Якщо умова виконується, то відбувається вибір «найкращої» хромосоми з поточної популяції з подальшою видачею її в якості вихідних даних програмної моделі, на основі яких буде побудований граф; в іншому випадку відбувається селекція хромосом. Селекція виконується за методом колеса рулетки для відбору «якісних» (на основі отриманих значень пристосованості) хромосом з поточної популяції та подальшого застосування до них генетичних операторів: схрещування та мутації.

Після застосування генетичних операторів формується нова популяція – популяція нащадків, яка у своєму складі має «кращі» хромосоми, ніж попередня батьківська. Потім починається наступна аналогічна ітерація. Такий цикл роботи моделі генетичного методу виконується до моменту виконання умови завершення.

Розроблена інтелектуальна підсистема «IntelRuh» оперативного вибору оптимальних маршрутів руху вантажних поїздів для кільцевої та маятникової системи маршрутизації. Графічний інтерфейс автоматизованого робочого місця (АРМ) диспетчера по станції представлено на рис. 3. У результаті роботи програми для обраного фрагменту мережі Донецької залізниці на екран виводиться графік та відповідна інформація. Графік, що представлений на рис. 3, являє собою граф найкоротшого шляху, на якому зображено всі вершини та їх з'єднання оптимальним маршрутом.

Розглянемо призначення основних компонентів. Поле «Оберіть схему руху поїзду» передбачає вибір системи маршрутизації (кільцевої або маятникової). Поле «Оберіть станцію прибуття для маятникової схеми руху» дає можливість обрати одну, декілька або всі станції прибуття, для яких виконується розрахунок раціонального маршруту за маятниковій системі маршрутизації. (Необхідно зауважити, що при виборі кільцевої системи маршрутизації поле стає не активним). Поле «Виконати розрахунок» призначене для активації роботи програмної моделі «GA» в залежності від системи маршрутизації та станції прибуття. Поле «Результат розрахунку оптимального маршруту» призначено для виводу графічного з'єднання станцій обороту вантажних поїздів. Поле «Сумарна довжина шляху» виводить довжину визначеного оптимального маршруту; крім того, передбачається розрахунок часу виконання програмної моделі «GA».

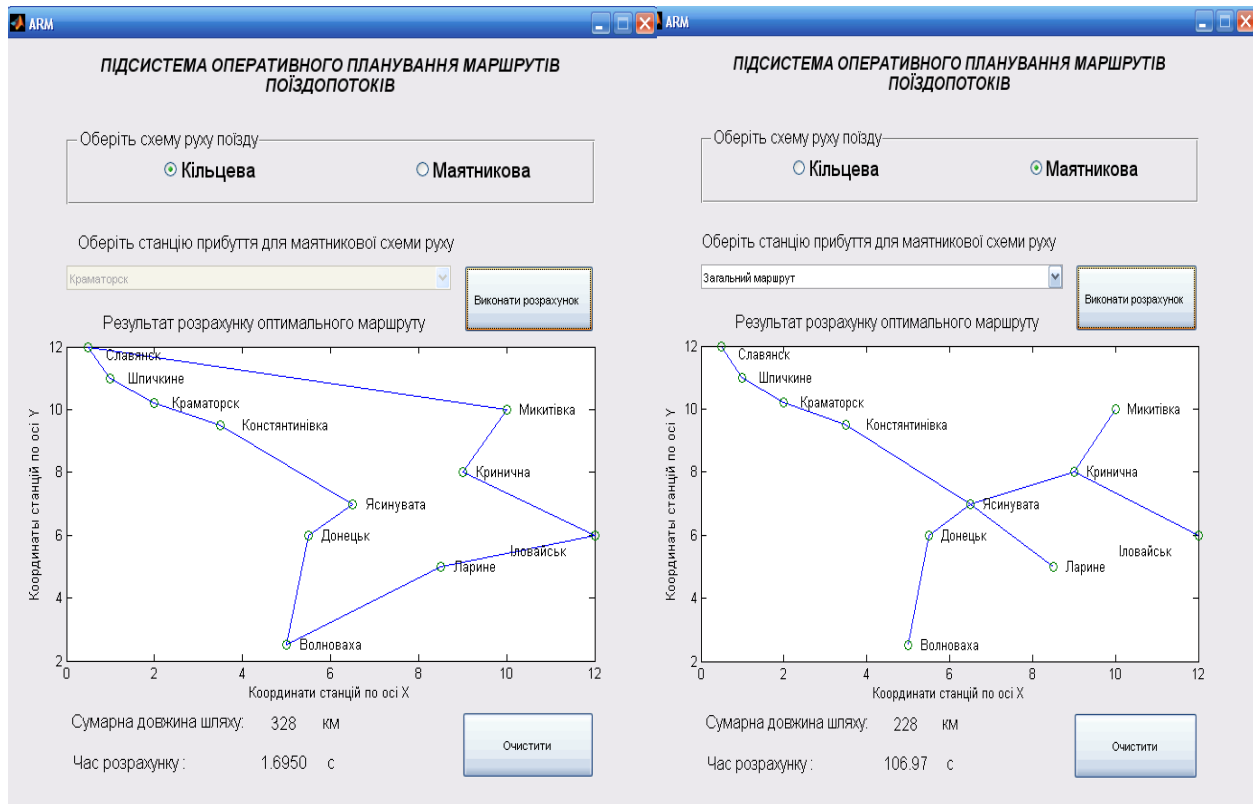


Рис. 3. Приклад роботи інтелектуальної підсистеми «IntelRuh»

Висновки

1. Розроблена в середовищі MATLAB програмна модель «GA» на основі канонічного генетичного алгоритму, вхідні параметри якої кількість залізничних станцій, довжина залізниць та параметри генетичного алгоритму; на виході граф оптимального маршруту та його довжина.

2. Розроблена інтелектуальна підсистема вибору оптимальних маршрутів вантажних потягів «IntelRuh» на основі моделі «GA» для залізничній мережі Донецької залізниці за різними системами маршрутизації: кільцевої та маятникової. Формування оптимального маршруту прямування вантажних потягів може бути корисним в рамках існуючої автоматизованої системи управління вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ-Є). Досліджено, що довжина оптимального маршруту при маятниковій системі приблизно на 30 % менше, ніж при кільцевій.

Література

1. Жуковицький І.В. Створення нових можливостей АСК ВП УЗ із підтримки оперативного планування призначення локомотивів до складу вантажних поїздів [Текст] / І.В. Жуковицький, А.Б. Устенко, О.Л. Зиненко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – №5. – С. 51-56.
2. Пахомова В.М. Інтелектуальна підсистема вибору раціональних маршрутів вантажних потягів [Текст] / В.М. Пахомова, Л.О. Міщанюк // Штучний інтелект. – Донецьк: ІПП, 2014. – №1. – С. 119-125.
3. Панченко Т.Б. Генетические алгоритмы [Текст] / Т.Б. Панченко, Ю.Ю. Тарасевич // Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.