

Технічні науки

УДК 004.73

**Колесніков Костянтин Васильович**

кандидат технічних наук, доцент

Черкаський державний технологічний університет

**Лукашенко Андрій Сергійович**

Студент

Черкаський державний технологічний університет

**Колесников Константин Васильевич**

кандидат технических наук, доцент

Черкасский государственный технический университет

**Лукашенко Андрей Сергеевич**

студент

Черкасский государственный технический университет

**Kolesnikov K.V.**

candidate of technical sciences, associate professor

Cherkasy State Technological University

**Lukashenko A.S.**

student

Cherkasy State Technological University

**МЕТОД ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ В ЗАДАЧАХ АДАПТИВНОЇ  
МАРШРУТИЗАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ МЕРЕЖ**

**МЕТОД ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ  
АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

**METHOD OF GENETIC ALGORITHMS IN THE ADAPTIVE  
ROUTING GLOBAL NETWORKS**

**Анотація:** Незважаючи на те, що існуючі алгоритми маршрутизації пакетів даних вже добре зарекомендували себе, є дослідники, які намагаються знайти альтернативні методи пошуку найкоротшого шляху через мережу. Один з таких методів використовує генетичні алгоритми (ГА). ГА є еволюційним алгоритмом пошуку, що використовується для вирішення задач оптимізації і моделювання шляхом послідовного підбору, комбінування і варіації шуканих параметрів.

**Ключові слова:** генетичний алгоритм (ГА), маршрутизація, найкоротший шлях, хромосома, кроссовер, мутація.

**Аннотация:** Несмотря на то, что существующие алгоритмы маршрутизации пакетов данных уже хорошо зарекомендовали себя, есть исследователи, которые пытаются найти альтернативные методы поиска кратчайшего пути через сеть. Один из таких методов использует генетические алгоритмы (ГА). ГА является эволюционным алгоритмом поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем последовательного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров.

**Ключевые слова:** генетический алгоритм (ГА), маршрутизация, кратчайший путь, хромосома, кроссовер, мутация.

**Summary:** Despite the fact that the existing algorithms for routing data packets are already well established, there are researchers who are trying to find alternative methods for finding the shortest path through the network. One such method uses genetic algorithms (GA). GA is an evolutionary search algorithm is used to solve optimization problems and modeling by successive selection, combination and variation of the desired parameters.

**Keywords:** genetic algorithm (GA), routing, shortest path, chromosome, crossover, mutation.

## **ВСТУП**

Для інформаційного суспільства в перші роки 21-го століття, пакетна комутація у великомасштабних комп'ютерних мережах стає більш важливою у повсякденному житті, ніж будь-коли раніше. Задача знаходження найкоротшого шляху між двома вузлами добре відома проблема в мережевому аналізі [1]. Алгоритми пошуку найкоротшого шляху були предметом багатьох досліджень. Класична маршрутизація – це процес передачі пакетів від вузла-джерела до вузла-призначення з мінімальною метрикою (затримка передачі, навантаження, і т.д.) [2]. Існує два основних типи політики маршрутизації - статична і динамічна. У статичній маршрутизації, маршрути між вузлами попередньо обчислені на основі певних факторів, наприклад, пропускну здатність, буферний простір і т.д., зберігаються в таблиці маршрутизації. Всі пакети між будь-якими двома вузлами передаються по тому ж самому шляху. Коли топологія мережі змінюється шлях між двома вузлами також може змінитися, і статична маршрутизація перестає працювати. Таким чином, у динамічній політиці маршрутизації, маршрути не зберігаються, але генеруються, коли це потрібно. Нові маршрути створюються на основі таких факторів, як трафік, пропускну здатність, затримки і т.д., які спрямовані на досягнення максимальної продуктивності.

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Маршрутизація є одним з найбільш важливих питань, яка має істотний вплив на продуктивність мережі. Ідеальний алгоритм маршрутизації повинен намагатися знайти оптимальний шлях для передачі пакетів протягом заданого часу, щоб задовольнити якості обслуговування (QoS). Є кілька алгоритмів пошуку найкоротшого шляху: алгоритм пошуку у ширину, алгоритм Дейкстри і алгоритм Беллмана-Форда. Ці алгоритми будуть ефективні в фіксованій інфраструктурі бездротової або провідної

мережі. Але, вони проявляють неприйнятно високу обчислювальну складність для комунікацій в реальному часі в мережах зі швидко змінною топологією. Тому ГА більш гнучкі у цьому питанні. Через кроссовер і мутації, ГА здатний одночасно досліджувати новий підпростір при експлуатації іншого. Кроссовери дозволяють створити успішний підпростір для рішення проблеми. Через мутації, ГА можуть шукати раніше незвідані ділянки простору рішень.

## РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

В роботі представлений генетичний алгоритм для маршрутизації мережі. Мережа, що розглядається, представлена у вигляді  $G = (V, E)$ , зв'язного графа з  $N$  вузлами [3]. Метрика визначається вартістю шляху між вузлами. Загальна вартість є сумою вартості окремих хопів. Мета полягає в тому, щоб знайти шлях з мінімальною загальною вартістю між вузлом-джерелом  $V_{src}$  і призначенням  $V_{dest}$ , де  $V_{src}$  і  $V_{dest}$  належать  $V$ .

**Ініціалізація таблиці маршрутизації.** Модуль використовується для генерації всіх можливих шляхів від даного вузла до всіх інших вузлів в мережі. Ці « $n$ » випадкових шляхів вважаються хромосомами. Вони визначають розмір популяції. Ці хромосоми виступають в якості популяції першого покоління.

**Генерація оптимального шляху.** Цей модуль виконує пошук оптимального шляху з використанням генетичного алгоритму. На вхід даного модуля подається безліч згенерованих шляхів. Кожен шлях вважається хромосомою. Як тільки початковий вузол (вузол-джерело) отримує чисельність населення “ $m$ ” (скажімо  $m=10$ ) хромосом, тоді виконуються наступні кроки:

1. Розраховується придатність кожної хромосоми. Фітнес-функція обчислюється як:

$$fitness = number\_of\_hops * 10 - total\_cost\_of\_path \quad (1)$$

Кількість стрибків визначає число проміжних вузлів відвідуваних по шляху від джерела до одержувача. Загальна вартість – це сума вартості всіх хопів шляху.

2. В якості батьків обираються дві найкращі хромосоми (використовуючи метод селекції «Колесо-рулетки»).
3. Виконується кроссовер (схрещування) з імовірністю 0,7.
4. Виконується мутація з імовірністю 0,01.
5. Діти поміщаються у популяцію та шукаються хромосоми з дуже низьким значенням фітнес-функції.
6. Якщо критерій зупинки не досягається, тоді повторюють кроки 1-6. Якщо критерій досягнуто, тоді виконується передача даних до вузла-призначення.
7. Оновити шлях для того, щоб дізнатися поточний стан мережі.

**Селекція.** Це особливість ГА для вибору батьків наступного покоління. Дана робота заснована на методі відбору «Колесо-рулетки» [4]. В даному методі, індивідуум вибирається на основі відносної придатності з конкурентами. Це схоже на поділ колеса на кілька частин. Пристосовані хромосоми отримують більшу частину.

**Кроссовер.** Оператор кроссовер об'єднує частини двох батьківських хромосом і виробляє потомство, яке містить деяку частину генетичного матеріалу обох батьків. В основному існує два типи кроссоверу, а саме: одноточковий і багатоточковий кроссовер [5]. В одноточковому кроссовері, є одна точка розриву, в багатоточковому кроссовері є більше ніж одна точка розриву. Одноточковий метод кроссовера простий; він має деякі проблеми, такі як формування циклів, коли використовується для маршрутизації. Тому необхідно використовувати деякі з передових методів многоточкового кроссовера для усунення циклу. В даній статі розглядається частково відображувальний кроссовер (англ. Partially Mapped Crossover (PMX)). У PMX, два рядки вирівнюються, і дві точки

схрещування вибираються випадковим чином рівномірно по всій довжині рядка. Дві точки схрещування роблять відповідний відбір, який впливає на обміні операції.

Розглянемо два рядки:

Батьківська особина А	4	8	7	3	6	5	1	10	9	2
Батьківська особина Б	3	1	4	2	7	9	10	8	6	5

Дві точки схрещування були обрані випадковим чином, після чого відбувається обмін генами між батьками за методом РМХ. Поміж точками схрещування відбувається обмін генами. Гени 3 і 2, 6 і 7, 5 і 9 міняються місцями. У більшості випадків такий обмін частинами породжує недопустимі хромосоми: різні гени хромосоми можуть набути однакових значень:

Батьківська особина А	4	8	<b>7</b>	2	7	9	1	10	<b>9</b>	<b>2</b>
Батьківська особина Б	<b>3</b>	1	4	3	6	5	10	8	<b>6</b>	<b>5</b>

Тому другий крок полягає в усуненні дублів. Для цього визначають відображення на основі значень генів, якими обмінялися хромосоми. Таким чином, гени 7 і 6, 9 і 5, 2 і 3 міняються місцями. В результаті, після РМХ, потомство виглядає таким чином:

Нащадок А	4	8	6	2	7	9	1	10	5	3
Нащадок Б	2	1	4	3	6	5	10	8	7	9

Кожне потомство містить генетичну інформацію, яка отримана від обох батьків. Згенероване потомство має бути підтвержене. Підтвердження здійснюється перевіркою потомства з усіма можливими шляхами. Якщо потомство належить усім можливим маршрутам, то обчислюється його функція придатності і посилається до наступної операції. Якщо потомство не належить до всіх можливих маршрутів, то воно виключається, так як маршрут не містить допустимих з'єднань вузлів в мережі.

**Мутація.** Операція кроссовера може призвести до зіпсованого населення. Для того, щоб запобігти цьому, застосовується операція мутації. Операція мутації може бути побітова, інверсія, вставка, взаємний обмін або інші [5]. В даній роботі використовується метод вставки. У методі вставки, вузол вставляється в будь-якому положенні в рядку. Вузол по оптимальному шляху може бути усунений за допомогою кроссовера. Використовуючи вставку, цього можна буде запобігти. Після завершення мутації, згенероване потомство повинно бути перевірене за допомогою того ж самого процесу, який використовується в кроссовері.

**Представлення хромосом.** Особини представлені у вигляді  $m$  рядків  $\{e_1, e_2, e_3 \dots \dots \dots e_m\}$ , кожен  $\{e_i\}$  являє собою відстань між двома вузлами. Фітнес функція використовується для того, щоб мінімізувати відстань від вихідного вузла до вузла призначення.

Цільова функція =  $\min (e_i, \text{source-destination})$ , де  $i = 1, 2, 3 \dots \dots \dots m$ .

**Таблиця маршрутизації.** В таблиці 1 вказана вартість зв'язків (довжина шляху) від кожного вузла. Значення 999 вказує, що немає прямого зв'язку між цими вузлами. 999 велике значення в порівнянні з іншими. Протягом реалізації тільки невеликі значення використовуються для розрахунку шляху.

Таблиця 1. Вартість зв'язків від кожного вузла

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	999	5	3	7	999	999
<b>2</b>	5	999	999	3	5	999
<b>3</b>	3	999	999	3	999	999
<b>4</b>	7	3	3	999	999	2
<b>5</b>	999	5	999	999	999	3
<b>6</b>	999	999	999	2	3	999

## **ВИСНОВКИ**

Генетичний алгоритм добре пристосований для завдань маршрутизації, тому що він досліджує простір рішень в декількох напрямках відразу. Запропонований алгоритм починає роботу з вихідної популяції, обчислює функцію пристосованості, породжує нову популяцію за допомогою генетичних операторів і завершується після виконання критерію зупинки алгоритму. Використання генетичних алгоритмів оптимізації перспективне для створення сучасних протоколів маршрутизації, які враховують як характеристики мережевих з'єднань, так і устаткування. Робота може бути поліпшена за допомогою більш кращого підходу для заповнення таблиці маршрутизації або кращого кроссовера і мутації.

## **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Dijkstra E. W. «A note on two problems in connexion with graphs». Numerische Mathematik 1. – 1959 – с. 269-271.
2. Сэм Хелеби, Денни Мак-Ферсон. Принципы маршрутизации в Internet. – 2-е изд. – Вильямс, 2001. – 448 с.
3. Колесніков, К. В. Метод генетичних алгоритмів в задачах адаптивної маршрутизації глобальних мереж// [Текст] / Колесніков К.В., Лукашенко А.С.// Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): праці 3-ї Міжнар. наук.-практ. конференції, 12-15 травня 2015 р.. Київ–Черкаси:/ М-во освіти і науки України, Київ. Нац. Ун-т імені Тараса Шевченка та ін. – Черкаси: видав. Чабаненко Ю., 2015. – с. 226-227.
4. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 520 с.
5. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы. – 2-е изд. – М: Физматлит, 2006. – 320 с.



## **REFERENCES:**

1. Dijkstra E. W. «A note on two problems in connexion with graphs». Numerische Mathematik 1. – 1959 – p. 269-271.
2. Sem Helebi, Denni Mak-Ferson. Printsipyi marshrutizatsii v Internet. – 2-e izd. – Vilyams, 2001. – 448 s.
3. Kolesnikov, K. V. Metod genetichnih algoritmiv v zadachah adaptivnoyi marshrutizatsiyi globalnih merezh// [Tekst] / Kolesnikov K.V., Lukashenko A.S.// Obchislyvalniy Intelekt (rezultati, problemi, perspektivi): pratsi 3-Yi Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsiyi, 12-15 travnya 2015 r.. Kiyiv–Cherkasi:/ M-vo osviti i nauki Ukrayini, Kiyiv. Nats. Un-t Imeni Tarasa Shevchenka ta in. – Cherkasi: vidav. Chabanenko Yu., 2015. – s. 226-227.
4. Rutkovskiy L. Metodyi i tehnologii iskusstvennogo intellekta. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2010. – 520 s.
5. Gladkov L. A., Kureychik V. V., Kureychik V. M. Geneticheskie algoritmyi. – 2-e izd. – M: Fizmatlit, 2006. – 320 s.