

DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.145-152

УДК 711.4-112

д.е.н., доцент **Журавльов О.В.**,

azhurauliou@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3286-9224,

**Лісковський Д.О.**,

denys.liskovskyi@mistobuduvannya.org, ORCID: 0000-0002-5487-7292,

Київський національний університет будівництва та архітектури

## МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ МІСТОБУДІВНИХ ЗАДАЧ

*З розвитком комп'ютерних технологій набирають популярність алгоритми розв'язання задач, засновані на штучному інтелекті. Генетичний алгоритм є одним з них. В статті описується використання цього алгоритму в контексті задач містобудування.*

*Генетичний алгоритм в першу чергу створений для пошуку екстремумів складних функцій, де змінна може бути описана як вектор. Значна кількість містобудівних задач може бути представлена таким чином. В статті описана методологія розв'язання містобудівних задач за допомогою цього алгоритму. Головною перевагою запропонованого алгоритму є його відносна простота реалізації та широке коло питань, котре може бути вирішене з його допомогою. Головним недоліком цього алгоритму є те, що отриманий результат, з певною ймовірністю, може відображати локальний мінімум функції, а також необхідність змінювати параметри генетичного алгоритму індивідуально для кожної окремої задачі.*

*В статті приведено приклад використання запропонованої методології для вирішення задачі оптимізації розташування місць прикладення праці. Також запропоновані інші задачі, для розв'язання яких вона може бути використана.*

*Імплементация запропонованої методології може суттєво збільшити якість виконання містобудівних проектів, а також зменшити витрати часу на їх виконання.*

*Ключові слова: генетичний алгоритм; планувальна структура; штучний інтелект; транспортна задача; оптимізація*

**Постановка проблеми.** Місто являє собою надскладну систему, що є такою як через надвелике число елементів, так і через значну складність їх взаємодій. Містобудівна наука має значні успіхи в питанні дослідження цих зв'язків і, як наслідок -в їх моделюванні . Утім, питання оптимізації міської території та її елементів залишається важкою та не вирішеною проблемою. В

статті ставимо завдання розробити методологію розв'язання задач оптимізації в сфері містобудування.

**Аналіз літератури.** Питаннями розвитку еволюційного методу займалися А. Стариков, значний вклад в практичному застосуванні цього методу було зроблено: François-Michel De Rainville, Félix-Antoine Fortin, Christian Gagné, Olivier Gagnon, Marc-André Gardner, Simon Grenier, Yannick Hold-Geoffroy, Marc Parizeau. Питання покращення та оптимізації міського простору широко розкриваються в літературі. Серед інших вчених цим питанням займалися М.М. Дьомін, М.М. Габрель, О. Лобашов

**Мета та завдання.** Метою дослідження є аналіз еволюційного алгоритму та способів його реалізації. Створення методології його використання в контексті містобудівних задач, апробація запропонованої методології на прикладі задачі оптимізації транспортної роботи міста, аналіз перспективних сфер містобудівної науки, де використання запропонованої методології може бути ефективним.

#### **Виклад матеріалу:**

Генетичний алгоритм вперше був запропонований Джоном Холландом в Мічиганському університеті в 1975 році. Цей алгоритм створений відсилаючись на процес еволюції в живій природі. По аналогії з ним кожне нове покоління даних видів є більш пристосованим для розв'язання задачі, ніж попереднє. Це досягається за допомогою схрещення, мутацій та відбору. [1]

Розглянемо понятійний апарат, що буде використовувати нижче:

- Індивід – шукана змінна, котра являє собою вектор;
- Популяція – певна кількість індивідів;
- Пристосованість індивіда – числове значення, що описує наскільки індивід задовольняє критеріям;
- Покоління – ітерація циклу;
- Зал слави – набір індивідуумів в поколінні, на основі яких формується наступне покоління.

Еволюційний метод оперує наступними функціями:

- Функція пристосованості – функція, за допомогою якої розраховується пристосованість індивідуума;
- Мутація – випадкова зміна одного чи декількох значень індивіда;
- Схрещення – визначення 2-ох індивідуумів, на основі значень котрих генерується 2 нових індивідуума, методом змішування значень матриці по певній точці.

Відбір може відбуватися декількома шляхами:

- Рулетка – відбір на основі ймовірності. Чим більш пристосований індивід, тим з більшою ймовірністю потрапляє до залу слави;

□ Елітаризм – найпристосованіші індивіди без змін переходять в наступне покоління;

□ Турнірний відбір – в зал слави потрапляє певна кількість найбільш пристосованих індивідуумів. [2]

Таким чином цей алгоритм здатний вирішити задачі, що відповідають наступним критеріям:

□ Потрібне рішення може бути представлено вектором;

□ Можливо створити алгоритм оцінки якості запропонованого рішення, результатом якого є скаляр.

Отже, цей алгоритм може бути використаний для широкого кола питань.

Використання цього метода де-факто неможливе без залучення комп'ютерних технологій. З точки зору зручності розрахунку обираємо Python як мову для його реалізації. Для цього використаємо модуль DEAP.[3] Доцільність його використання полягає в значному спрощенні розрахунків, так процес створення основних функцій алгоритму реалізується за допомогою лише декількох рядків:

```
tollbox.register("randomPoint", RandomPoint, min, max, long)
tollbox.register("Individual_Creator", tools.initIterate, creator.Individual,
tollbox.randomPoint)
tollbox.register("population_creator", tools.initRepeat, list,
tollbox.Individual_Creator
)
tollbox.register("evaluate", algorithm)
tollbox.register("select", tools.selTournament, tournsize
)
tollbox.register("mate", tools.cxSimulatedBinaryBounded, low , up , eta )
tollbox.register("mutate", tools.mutPolynomialBounded, low , up , eta, indpb)
```

Таким чином модуль DEAP суттєво спрощує та прискорює розв'язання даного класу задач. Сформулюємо методологію розв'язання задачі оптимізації за допомогою генетичного алгоритму(рис. 1).

Після оцінки можливості та доцільності застосування генетичного алгоритму потрібно розробити та реалізувати алгоритм кодування пошукових даних.

Наступним кроком має бути розробка та реалізація алгоритму оцінки якості індивідуума.

Після цього формується популяція. Визначення розміру популяції є важливим питанням, оскільки напряму визначає ефективність роботи алгоритму. Зі збільшенням кількості індивідуумів в популяції зменшується швидкість його роботи, але, в той самий час, зменшується ймовірність, що алгоритм застрягне в локальному мінімуму. Після оцінки кожного індивідуума формується зал слави. Ключовим параметром зала слави є його розмір. Якщо

розмір залу слави малий, це збільшує ймовірність того, що алгоритм застрягне в локальному мінімумі, великий розмір залу слави суттєво сповільнює швидкість знаходження рішення. З практики проведення розрахунків цим методом встановлено, що розмір залу слави має бути не більше ніж 50% від розміру популяції.

Не менш важливим для коректної роботи алгоритму є налаштування формування наступного покоління. Схрещення регулюється ймовірністю. Цей параметр сильно пришвидшує знаходження результату, утім його не доцільно приймати в 100%, оскільки це може призвести до деградації знайденого рішення. Мутація має два параметри, кількість хромосом, що мутують та ймовірність мутації.

Оптимальні значення цих параметрів сильно залежать від задачі, що вирішується. Тому обмежимося загальними рекомендаціями. Ймовірності варто приймати такими, щоб з одного боку забезпечити різноманіття в новій популяції та зберегти незмінними певну кількість індивідумів з минулого покоління. Чим більша чисельність популяції та менший розмір залу слави, тим вищу ймовірність можна приймати.

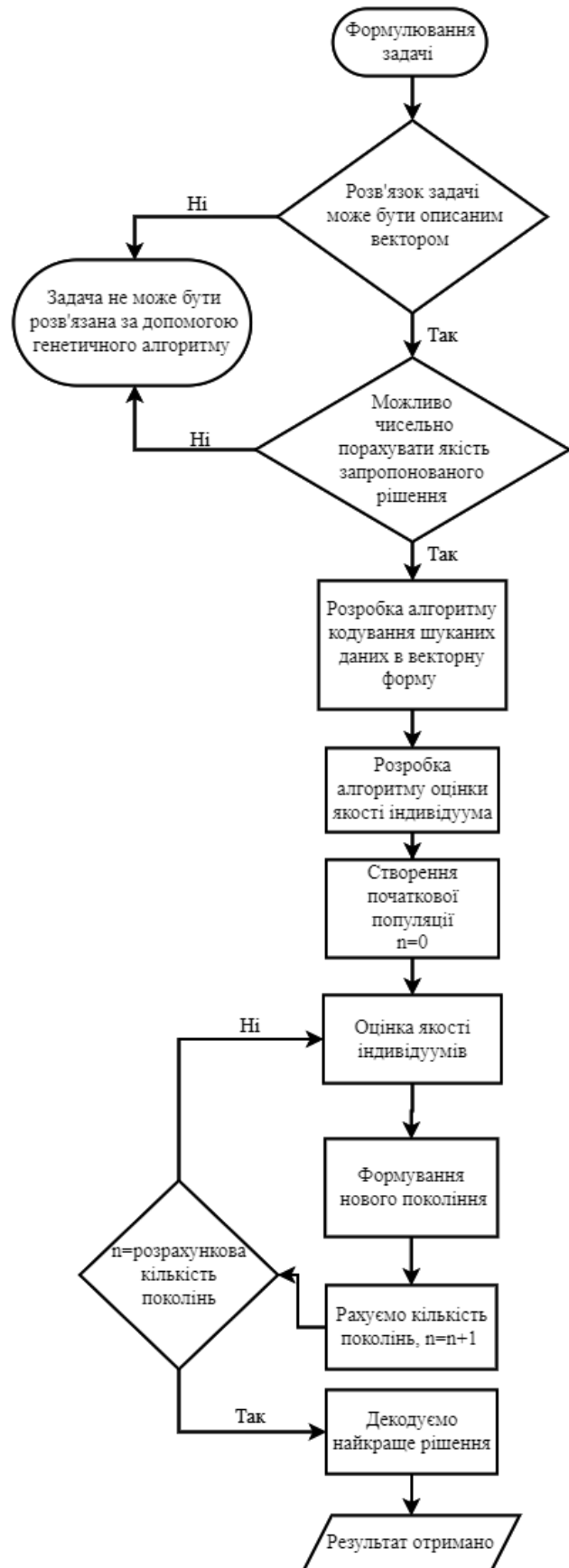


Рис. 1. Блок-схема алгоритму

Кількість хромосом, що мутують, визначається відповідно до специфіки задачі методом підбору. Останнім параметром є кількість поколінь, зі збільшенням кількості поколінь зростає точність розрахунку та, відповідно, зростають витрати часу на нього.

Розглянемо приклад реалізації цієї методології при розв'язанні задачі з оптимізації місць прикладання праці. Формулювання задачі наступне «Знайти таке розташування місць прикладання праці, при якому сума відстаней від місць проживання робітників до місць прикладання праці буде мінімальною»

Вхідними даними є карта щільності населення (для прикладу взято м. Київ)[4] [5]

Першим кроком розробляємо алгоритм, за допомогою якого ми опишемо вхідні дані та просторове розташування місць прикладання праці. Для цього створимо модель міста в Qgis, ця модель має містити в собі геопросторові дані транспортних районів міста, дані щодо чисельності населення в них. Просторову характеристику транспортних районів описуємо матрицею відстаней. Ці дані експортуємо в форматі CSV для подальшого зчитування та обробки.

Визначаємо властивості індивідуума(1). В даному випадку, індивідуум – це вектор, що має описувати кількість робочих місць. Описати безпосередньо неможливо, оскільки індивідуум формується, як випадковий вектор. Для того, щоб реалізувати перехід від випадкового вектору до матриці розселення, розглянемо індивідуума, як матрицю співвідношення кількості населення між районами. Що і буде переходом від індивідуума до потрібного значення.

$$W_i = i_i * \frac{N}{\sum i_i} \quad (1)$$

де,  $W_i$ - матриця розподілу робочих місць;  $i_i$ - вектор, що описує індивідуума;  $N$  – кількість робочих місць на досліджуваній території;  $i$  – номер транспортного району.

Наступним кроком розробляємо алгоритм для оцінки якості індивідуума. Результатом цього алгоритму має бути транспортна робота. Для цього скористаємося гравітаційною моделлю (2). [6]

$$K_{ij} = \frac{P_i * w_j}{l_{ij}^2} \quad (2)$$

де:  $K_{ij}$  – матриця ймовірностей поїздки;  $w_j$ - матриця розташування робочих місць;  $P_i$ -матриці розподілу населення;  $i$  – номер ділянки початку поїздки;  $j$  – номер ділянки кінця поїздки;  $l_{ij}$ - матриця відстаней.

На основі (2) розраховуємо матрицю кореспонденцій(3).



$$T_{ij} = K_{ij} * \frac{\sum P_i}{\sum K_{ij}} \quad (3)$$

де:  $T_{ij}$  – Матриця кореспонденцій;  $K_{ij}$  – матриця ймовірності поїздки;  $\sum P_i$  – сума елементів матриці працюючого населення, що тотожно кількості поїздок;  $\sum K_{ij}$  – сума елементів ймовірності поїздки;  $i$  – номер ділянки початку поїздки;  $j$  – номер ділянки кінця поїздки.

На основі (3) розраховуємо транспортну роботу міста (4)

$$Q = \sum (T_{ij} * l_{ij}) \quad (4)$$

де:  $T_{ij}$  – матриця кореспонденцій;  $l_{ij}$  – матриця відстаней;  $i$  – номер ділянки початку поїздки;  $j$  – номер ділянки кінця поїздки.

Для проведення цього розрахунку, експериментальним шляхом були обрані наступні параметри:

Кількість поколінь: 20000; Розмір популяції: 50; Розмір залу слави: 10; Ймовірність схрещення: 0.45; Ймовірність мутації: 0.35; Кількість генів що мутують: 40.

Результат зберігаємо в форматі CSV, перенесемо результати в Qgis для їх візуалізації (рис. 2).

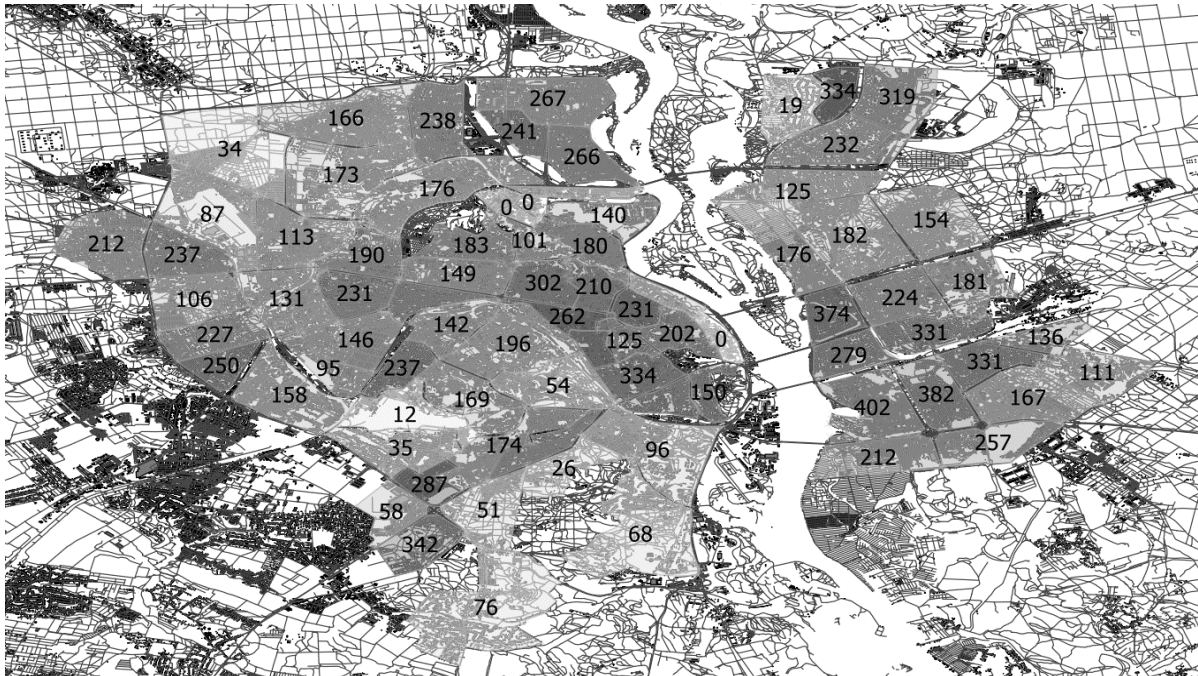


Рис. 2. Оптимальна щільність місць прикладання праці відповідно до щільності населення. Цифрами вказана густина населення, інтенсивність кольору відповідає щільності робочих місць.

**Висновки:** Описана методологія була перевірена на прикладі задачі з оптимізації просторового розміщення місць прикладання праці. Перевірка

показала простоту та доступність цього методу. З іншого боку використання цього метода, з певною ймовірністю, може дати значення змінної, що відповідає локальному мінімуму.

**Рекомендації для подальших досліджень:** Використання генетичного алгоритму може бути використане для розв'язання широкого кола питань, як наукового, так і практичного значення. В перше чергу, це розв'язання задач оптимізації функціонального та просторового планування, окрім цього цей метод є перспективним для підвищення пропускну здатності на регульованих перехрестях за рахунок оптимізації світлофорного циклу.

Також даний алгоритм є перспективним для автоматизації проектної діяльності, розробки схем організації дорожнього руху та планування забудови, його імплементація в ці сфери може підвищити, як якість виконання проектів, так і зменшити витрати часу.

В цій сфері ефективним може бути так зване змішане використання алгоритму, при котрому людина(експерт) дає оцінку рішенням що генеруються алгоритмом.

### Список використаних джерел

1. Канін О.П., Халай Т.О., Боднар Л.П. Генетичний алгоритм оптимізації довгострокових стратегій ремонтів мостів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2013. №88. С. 180–188. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb\\_2013\\_88\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2013_88_22) (дата зв.: 04.05.2023).
2. Стариков А. Генетические алгоритмы – математический аппарат. URL: <https://loginom.ru/blog/ga-math> (дата звернення: 26.08.2023).
3. DEAP: evolutionary algorithms made easy / F.-A. Fortin et al. Journal of machine learning research. 2012. Vol. 13. P. 2171–2175
4. Щільність населення. URL: <https://geodesign.info/news/analitika/shchilnist-naseleण्या/> (дата звернення: 10.05.2023).
5. Брейдер К. Місто Київ, Україна. Дослідження сталого розвитку міського транспорту. 2015. 101 с. URL: [https://kmr.gov.ua/sites/default/files/3795-doslidzhennya\\_stalogo\\_rozvytku\\_miskogo\\_transportu\\_svitovyy\\_bank\\_0.pdf](https://kmr.gov.ua/sites/default/files/3795-doslidzhennya_stalogo_rozvytku_miskogo_transportu_svitovyy_bank_0.pdf) (дата зв.: 26.08.2023).
6. Лобашов О. Моделирование влияния сети парковки на транспортные потоки в містах: монографія. Харків : ХНАМГ, 2010. 170 с.

д.е.н., доцент **Zhuravlov Oleksii, Liskovskyi Denys,**  
Kyiv National University of Construction and Architecture

### METHODOLOGY FOR USING A GENETIC ALGORITHM TO SOLVE URBAN PLANNING PROBLEMS

With the development of computer technology, algorithms for solving problems based on artificial intelligence are gaining popularity. The genetic algorithm is one of them. The article describes using of this algorithm in the context of urban planning problems.

The genetic algorithm is primarily created to search for extremes of complex functions, where the variable can be described as a vector. A significant number of urban planning problems can be represented as follows. The article describes the methodology for solving urban planning problems using this algorithm. The main advantage of the proposed algorithm is its relative ease of implementation and a wide range of issues that can be solved with its help. The main disadvantage of this algorithm is that it is obtained the result, with a certain probability, can reflect the local minimum of the function, as well as the need to change the parameters of the genetic algorithm individually for each individual task.

The article gives an example of using the proposed methodology to solve the problem of optimizing the location of work place. It is also proposed to apply a genetic algorithm to optimize the traffic light cycle, automate the process of building planning and develop traffic management schemes.

The implementation of the proposed methodology can significantly increase the quality of urban planning projects, as well as reduce the time spent on their implementation.

Keywords: genetic algorithm; planning structure; artificial intelligence; transport task; optimization

## REFERENCES

1. Kanin O.P., Khalai T.O., Bodnar L.P. Henetychnyi alhorytm optymizatsii dovhostrokovykh stratehii remontiv mostiv. Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. 2013. № 88. S. 180–188. URL:[http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb\\_2013\\_88\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2013_88_22) (data zvernennia: 04.05.2023). {in Ukrainian}
2. Starykov A. Henetycheskye alhorytm – matematycheskyi apparat. URL: <https://loginom.ru/blog/ga-math> (data zvernennia: 26.08.2023). {in Russian}
3. DEAP: evolutionary algorithms made easy / F.-A. Fortin et al. Journal of machine learning research. 2012. Vol. 13. P. 2171–2175. {in English}
4. Shchilnist naseleennia. URL: <https://geodesign.info/news/analitika/shchilnist-naselennya/> (data zvernennia: 10.05.2023). {in Ukrainian}
5. Breider K. Misto Kyiv, Ukraina. Doslidzhennia staloho rozvytku miskoho transtportu. 2015. 101 s. URL: [https://kmr.gov.ua/sites/default/files/3795-doslidzhennya\\_stalogo\\_rozvytku\\_miskogo\\_transportu\\_svitovyy\\_bank\\_0.pdf](https://kmr.gov.ua/sites/default/files/3795-doslidzhennya_stalogo_rozvytku_miskogo_transportu_svitovyy_bank_0.pdf) (data zvernennia: 26.08.2023). {in Ukrainian}
6. Lobashov O. Modeliuvannia vplyvu merezhi parkuvannia na transportni potoky v mistakh: monohrafiia. Kharkiv : Khark. nats. akad. misk. gospodarstva, 2010. 170 s. {in Ukrainian}