

# МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ ОГЛЯДОВОСТІ У ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ГЛЯДАЦЬКИХ МІСЦЬ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У тезах розглянуто задачу оптимального розподілу глядацьких місць за критерієм оглядовості як складну комбінаторну задачу оптимізації. Обґрунтовано доцільність використання генетичного алгоритму для пошуку ефективних розподілів у великому просторі можливих рішень. Запропоновано два методи визначення функції оглядовості — прямий та обернений, для оцінювання пристосованості хромосом у процесі еволюційної оптимізації. Для кожного методу наведено математичні співвідношення та описано алгоритм їх реалізації. Проведено порівняльний аналіз методів за критеріями точності, обчислювальної складності та потреби в додатковій інформації. За результатами аналізу обрано обернений метод як більш доцільний для застосування у генетичних алгоритмах при задачах великої розмірності. Отримані результати можуть бути використані при розробленні інтелектуальних систем автоматизованого планування розподілу місць у залах різного призначення.

**Ключові слова:** генетичний алгоритм; функція пристосованості; оглядовість; розподіл глядацьких місць; комбінаторна оптимізація; еволюційні методи; математичне моделювання.

## Abstract

The theses consider the problem of optimal spectator seat allocation according to the visibility criterion as a complex combinatorial optimization task. The feasibility of applying a genetic algorithm to search for efficient allocations within a large solution space is substantiated. Two methods for determining the visibility function — direct and inverse — are proposed for evaluating chromosome fitness in the process of evolutionary optimization. Mathematical relationships for each method are presented, and the algorithms for their implementation are described. A comparative analysis of the methods is carried out in terms of accuracy, computational complexity, and the need for additional information. Based on the analysis, the inverse method is selected as more appropriate for application in genetic algorithms when solving large-scale problems. The obtained results can be used in the development of intelligent automated seat allocation systems for halls of various purposes.

**Keywords:** genetic algorithm; fitness function; visibility; seat allocation; combinatorial optimization; evolutionary methods; mathematical modeling.

## Вступ

Зручність сприйняття інформації у залах різного типу може залежати від певних факторів, наприклад, стороннього шуму, відлуння, кута огляду. Для зменшення стороннього шуму та відлуння потрібно зробити певні модифікації приміщення, проте для зміни кута огляду осіб не потрібно ніяких додаткових витрат, що робить його максимізацію актуальнішою для організаторів заходів.

Проблемою задачі планування розподілу глядацьких місць є те, що вона потребує значних часових витрат. Кількість розподілів значно зростає зі збільшенням кількості осіб, через що застосування простих методів, як наприклад повного перебору стає майже неможливим. Для пришвидшення обчислень можна використовувати наближені методи, наприклад генетичний алгоритм.

Метою роботи є визначення ефективного методу визначення цільової функції для оптимізації оглядовості осіб у задачі розподілу глядацьких місць.

## Результати дослідження

Генетичний алгоритм — евристичний алгоритм пошуку, який використовується для розв'язку задач оптимізації та моделювання шляхом послідовного підбору, комбінування і варіації шуканих параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію. Основною особливістю генетичного алгоритму (ГА) є використання оператора «схрещування» — рекомбінації рішень-кандидатів, роль якої аналогічна ролі схрещування в живій природі [1].

Реалізація ГА починається із формування популяції хромосом (зазвичай випадкових кодованих розв'язків задачі). Потім їх оцінюють та виділяють ті, які є кращим рішенням цільової проблеми, після чого відбувається схрещування. Таким чином, з покоління в покоління поширюються корисні ознаки з усієї популяції, а погані поступово зникають. Зрештою, популяція буде сходиться до оптимального рішення задачі [2]. Для оцінки кожної особини використовується функція пристосованості (цільова функція) [1]. Метою алгоритму є оптимізація цієї функції, що показує наскільки хорошим (пристосованим) є рішення. Пристосованість відіграє ключову роль у процесі селекції (вибору) хромосом, наприклад у методах селекції пропорційної пристосованості, турнірної селекції та селекції обрізанням [3].

Для задачі розподілу місць одним із найважливіших критеріїв є оглядовість (кут безперешкодного бачення) осіб. Перед тим, як розглянути методи його обрахунку потрібно визначитись з представленням задачі. Найактуальніше використовувати розподілення місць у випадку залу (аудиторії), що не має нахилу, так як тоді перешкоди (інші особи) найбільш відчутні. Отже, можна подати задачу у двовимірному просторі. Для зручності можна вважати, що перший ряд, відведений для сидіння осіб, розташовано на осі координат, наприклад абсцис. Усі місця можна позначити точками, а місця де є особи можна виділити іншим кольором і/або розміром. Оповідачів можна розташовувати у довільному місці під віссю абсцис. Приклад такого подання зображено на рисунку 1 (певні точки позначені хрестиком, для позначення можливого розташування осіб).

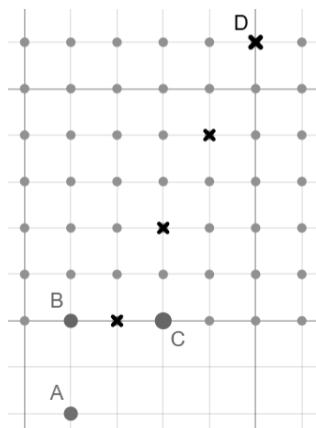


Рис. 1. Розрахункова схема розподілу місць

Оцінювання оглядовості осіб може здійснюватись прямим і оберненим методами. Прямий метод показуватиме наскільки добре особі видно оповідача, а обернений – наскільки добре оповідачу видно осіб. Для оберненого методу можна утворити проекції осіб на перший ряд, і в подальшому враховувати середнє значення відстані між спроектованими точками (або різницю між мінімальною і максимальною відстанню) як критерій оптимізації. Такі проекції можна отримувати використовуючи формулу

$$d = \frac{(y_1 - y_2)/(x_2 - x_1)}{(y_1 - y_2)/(x_2 - x_1) \cdot x_1 - y_1} = \frac{a}{b'}, \quad (1)$$

де  $d$  – відстань від початку координат;  $x_1, y_1$  – координати точки 1;  $x_2, y_2$  – координати точки 2;  $a, b$  – коефіцієнти рівняння прямої виду  $y = ax - b$ .

Проблемою такого підходу є те, що у деяких випадках проекції точок погано описують справжній кут огляду осіб. На рисунку 1 можна побачити 4 точки позначених хрестиками, кожна із них є проекцією точки, що лежить між  $B$  та  $C$ . Усунути цю проблему можна за допомогою прямого методу.

Прямий метод пошуку кута огляду полягає в тому щоб знайти дві точки, які найбільше обмежують кут огляду і провести дві прямі що проходять крізь ці точки через поточну. Після цього побудувати перпендикуляр до однієї із точок, що є перетином отриманої прямої із першим рядом (проекція, як у попередній методиці). Знайшовши перетин побудованого перпендикуляра із іншою прямою потрібно визначити довжини відрізків, які утворились на прямих, що проходять крізь поточну точку. Отримавши довжини відрізків можна розрахувати кут огляду особи за допомогою арккосинуса. Для більшої наочності розглянемо метод на прикладі (рис. 2).

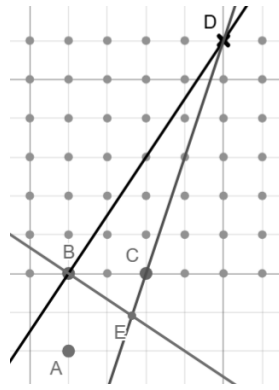


Рис. 2. Використання прямого методу на розподілі місць

На рисунку 2 поточною точкою (особою) є  $D$ . Спочатку потрібно побудувати прямі крізь цю точку, та ті точки, які найбільше обмежують її кут огляду. У результаті отримаємо дві прямі:  $BD$ , що має рівняння  $y = a_1x - b_1$  та  $CD$ , що має рівняння  $y = a_2x - b_2$ . Формули для визначення констант  $a$  та  $b$  можна побачити у (1). Враховуючи те що перший ряд місць є віссю абсцис координатної площини, рівняння перпендикуляра до прямої  $BD$  буде мати вигляд

$$y = -\frac{x}{a_1} + \frac{1}{b_1}. \quad (2)$$

Прирівнявши пряму  $CD$  до отриманого перпендикуляра (2) та провівши певні математичні перетворення, можна отримати співвідношення для визначення координати  $x$  перетину цих прямих:

$$x_E = \frac{-a_1b_1b_2 - a_1}{-a_1a_2b_1 - b_1}, \quad (3)$$

де  $x_E$  – координата  $x$  точки  $E$ .

Отримане значення із співвідношення (3) можна підставити в початкове рівняння однієї з прямих та отримати координату  $y$  перетину прямих. Знаючи обидві координати точки перетину  $E$ , потрібно знайти Евклідову відстань між парами точок  $BD$  та  $DE$ . Враховуючи що спочатку перпендикуляр будувався до прямої  $BD$  – відрізок  $ED$  є гіпотенузою прямокутного трикутника  $EBD$ , тому співвідношення для визначення кута огляду матиме наступний вигляд

$$angle = \arccos\left(\frac{d(B,D)}{d(E,D)}\right) \cdot \frac{180}{\pi}, \quad (4)$$

де  $angle$  – кут безперешкодного бачення особи,  $d(K, M)$  – Евклідова відстань між точками  $K$  та  $M$ .

Перевагою прямого методу оцінки оглядовості є те, що він точно показує, наскільки добре особа бачить оповідача, проте він має ряд недоліків пов'язаних із обчисленнями. Так як обидва методи мають свої переваги і недоліки – доцільно їх порівняти. Для більшої наочності, порівняння методів винесемо у таблицю 1.

Таблиця 1 – Порівняння методів обчислення пристосованості

| Характеристика                                               | Прямий метод                                            | Обернений метод                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Кількість точок потрібних для обчислення                     | 5                                                       | 2                                 |
| Точність                                                     | Велика                                                  | Середня                           |
| Існують випадки коли використання загальних формул неможливе | При $x_2 = x_1$ (побудова прямих)                       | При $x_2 = x_1$ (побудова прямих) |
| Кількість математичних операцій                              | Велика                                                  | Мала                              |
| Потрібна додаткова інформація                                | Так (про те, які точки найбільше обмежують кут бачення) | Ні                                |

З таблиці 1 можна зробити висновок, що використання прямого методу доцільне для задач малого розміру, так як воно потребує значно більше обчислень, а також пошук осіб, які найбільше обмежують кут бачення поточної особи. Для задач більш великого розміру доцільніше використання оберненого методу, так як він не потребує такої великої кількості обчислень, а також додаткової інформації про

інших осіб.

В загальному, враховуючи що розмір популяції та кількість поколінь можуть бути доволі великими, доцільніше використовувати обернений метод, через те що він потребує менше часу для оцінювання пристосованості хромосом.

### Висновки

Запропоновано прямий і обернений методи оцінювання пристосованості для критерію оглядовості осіб. Для обох методів визначено співвідношення отримання кількісних оцінок пристосованості, та покроково описано їх виведення. У результаті порівняльного аналізу обрано обернений метод, як перспективніший, для застосування у генетичних алгоритмах.

Отримані результати доцільно використати у програмній реалізації ГА планування розподілу глядацьких місць для оцінки пристосованості хромосом. Це дозволить підвищити ефективність формування розподілів за критерієм оглядовості.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Господінов А. М., Смирнов С. А. Генетичний алгоритм для розв'язання задачі комівояжера [Електронний ресурс] / А. М. Господінов, С. А. Смирнов // Математичні методи комп'ютерного моделювання та кібернетичної безпеки. – Київ : Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Фізико-технічний інститут. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/512b9bd2-1825-4a62-990a-c89d58c0c1af/content>. – Дата звернення: 01.03.2026.
2. Білоус Я. І. Застосування квантового генетичного алгоритму у задачах синтезу програмних кодів [Електронний ресурс] : пояснювальна записка до дипломного проекту (роботи) магістра спец. 122 «Комп'ютерні науки» / Я. І. Білоус ; Нац. ун-т «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – Полтава, 2021. – Режим доступу: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/13260/1/601-ТН%20Білоус.pdf>. – Дата звернення: 01.03.2026.
3. Champlin R. Selection Methods of Genetic Algorithms [Electronic resource] / R. Champlin // Student Scholarship – Computer Science. – Olivet : Olivet Nazarene University, 2018. – Режим доступу: <https://scispace.com/pdf/selection-methods-of-genetic-algorithms-3i80t4h5le.pdf>. – Дата звернення: 01.03.2026.

**Кучерявенко Михайло Миколайович** – студент групи 2КН-22б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [mihajlokuceraavenko@gmail.com](mailto:mihajlokuceraavenko@gmail.com)

**Іванчук Ярослав Володимирович** – д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Kucheriavenko Mykhailo M.** – Department of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [mihajlokuceraavenko@gmail.com](mailto:mihajlokuceraavenko@gmail.com)

**Ivanchuk Yaroslav V.** – Dr. Sc. (Eng.), Professor of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.