

М.А. Павленко<sup>1</sup>, В.М. Руденко<sup>2</sup>, І.В. Захарченко<sup>1</sup>, А.О. Зінченко<sup>3</sup>, В.І. Чистов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Донбаська державна машинобудівна академія, Слов'янськ

<sup>3</sup>Головна інспекція Міністерства оборони України, Київ

## МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ГРУП РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

*Пошук розподілених об'єктів в районах є важливим та достатньо складним завданням моніторингу при виконанні спеціальних завдань. Вирішення даного завдання полягає у розробці стратегії пошуку з використанням груп рухомих об'єктів. В якості таких груп можна розглядати пошукові групи, безпілотні системи та багато інших. Проте дослідження групової діяльності рухомих об'єктів – це відоме завдання, яке можна вирішити багатьма способами. Один із способів – пошук аналогій в живій природі, та використання механізмів, реалізованих природою в поведінці живих істот. В статті розроблена стратегія пошуку, яка ґрунтується на відтворенні природного явища групової поведінки, а саме поведінки косяка риб. Основні характерні властивості косяка риб реалізовані за допомогою клітинного автомату на двовимірній однорідній решітці з автоматами які характеризують об'єкти пошуку та груповий рухомий об'єкт. В роботі використано та описано однорідну клітинну решітку, яка не згорнута в сферу для спрощення обчислень. Для решітки встановлені межі, які характерні для вирішення реальних завдань при пошуку об'єктів в заданій області простору. В статті розглянута діяльність однорідних групових об'єктів, проте в подальшому вдосконаленні такого підходу, можуть бути використані різні групи або сукупності різних груп, що будуть діяти у відповідності з наборами правил зміни станів. Використання клітинного автомату дозволяє створити довільну систему правил його роботи. Критерії, що характеризують досяжність об'єктів пошуку можуть бути модифіковані під конкретні завдання та дозволяють впливати на час та оперативність пошуку, а також створювати різні поєднання цих та інших факторів, які впливають на ефективність вирішення завдання. Дослідження такого автомату дозволяє стверджувати про можливість створення ефективного автомату пошуку маршрутів з заданими часом та точністю роботи, що може бути використано в реальних умовах.*

**Ключові слова:** клітинний автомат, пошук шляху, завдання оптимізації, випадковий пошук, модель.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Вирішення складних завдань неодмінно пов'язане з використанням різних групових або значної кількості однорідних об'єктів з власними завданнями та цілями. Що може бути прикладом такої діяльності? Наприклад це можуть бути: рух у колоні, політ безпілотних літальних апаратів, пересування груп людей, бій, проведення розвідки, рятувальні операції або дії, політ літальних апаратів та інші дії [1–3].

Дослідження групової діяльності досить часто ускладнене неможливістю проведення натурних експериментів або їх обмеженою кількістю. Проте, дослідники постійно шукають нові методи, моделі та форми дослідження взаємодії рухомих груп об'єктів як із зовнішнім середовищем, так і між собою [1–4].

Це породжує велику кількість завдань, які необхідно вирішувати для кожного класу об'єктів, завдань та середовищ [4–6].

В статті розглянемо рухомі об'єкти у двовимірній площині, що вирішують задачі пошуку та розробимо модель для дослідження їх діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню руху об'єктів та їх взаємодії присвячена значна кількість робіт. Автор роботи [2] поділяє існуючі методи пошуку маршрутів рухомих об'єктів на три класи: точні, класичні евристичні та метаевристичні методи. Точні методи представляють інтерес при розробці та тестуванні оптимізаційних алгоритмів, але для вирішення практичних завдань не використовуються у зв'язку зі швидким зростанням обчислювальної складності при збільшенні розмірності задачі. Евристичні методи полягають в здійсненні пошуку у відносно обмеженому просторі рішень та забезпечують знаходження наближених до оптимальних рішень за прийнятний час. Метаевристичні методи засновані на ретельному вивченні найбільш перспективних частин простору рішень [3] за деякими ознаками. Однак, вони включають велику кількість параметрів, які повинні бути налаштовані для кожного конкретного завдання [4]. Тому

метаевристичні методи складають основу сучасних досліджень в області наближених методів рішення [2]. Особливо часто для вирішення оптимізаційних задач, до яких відноситься і завдання пошуку маршрутів, використовуються метаевристичні методи, засновані на механізмах, які зустрічаються в живій природі. Такі методи та моделі отримали назву біо-алгоритмів. Серед них і клітинні автомати, які завдяки природному паралелізму, простоті та універсальності дозволяють моделювати поведінку самих різних систем, об'єктів і явищ будь-якої природи [5]. Функціонування апарату клітинних автоматів детально описано в роботах [5; 7–8]. Приклади їх використання для вирішення оптимізаційних завдань доводять свою ефективність. Зокрема, в статті [9] на основі клітинних автоматів змодельовано поведінку натовпу з урахуванням ментальних особливостей пішоходів. В роботі [10] описано клітинно-автоматний підхід до моделювання поведінки транспорту та пішоходів. Пошук оптимальних маршрутів руху з використанням апарату клітинних автоматів також здійснено в статті [11], однак в даній роботі розглянуто рух об'єктів у двовимірному просторі для однорідних поодиноких об'єктів, що не дозволяє їх використовувати та потребує доопрацювання розробленої моделі й врахування обмежень та особливостей завдань щодо формування пошуку в заданому районі. Обґрунтування доцільності застосування клітинно-автоматного підходу до вирішення задачі комівояжера наведені в роботі [5]. В роботі [13] наведено приклад успішного застосування клітинних автоматів для вирішення завдання пошуку маршрутів пересування автомобілів від оптових баз до торгових точок.

Проте такий підхід може бути застосований лише при наявності дорожньої мережі та сформульованої задачі комівояжера для даних умов, що не дозволяє використовувати такий підхід до вирішення завдання визначення маршруту руху, наприклад, пошукових груп. В роботі [14] запропоновано використання алгоритмів маршрутизації для визначення оптимальних маршрутів польотів ударної авіації. Однак такий підхід відрізняється високою обчислювальною складністю та грубим розбиттям простору з різними властивостями.

Проведений аналіз показує успішне використання клітинних автоматів для вирішення завдань пошуку об'єктів в районі.

**Мета статті** – полягає в розробці методу та моделі дослідження поведінки групового рухомого об'єкту при вирішенні завдання пошуку цілей в обмеженій області.

## Виклад основного матеріалу

В якості основи для розгляду та створення моделі дослідження групової діяльності рухомих

об'єктів використаємо приклад з живої природи, а саме косяк риб (рис. 1) [15].

Основні характеристики косяка риб:

- це скупчення однотипних риб.
- косяк може мати стійку форму.
- косяк може змінювати форму у залежності від змін зовнішнього середовища та завдань (течія, пересування, захист, нерест та інше);

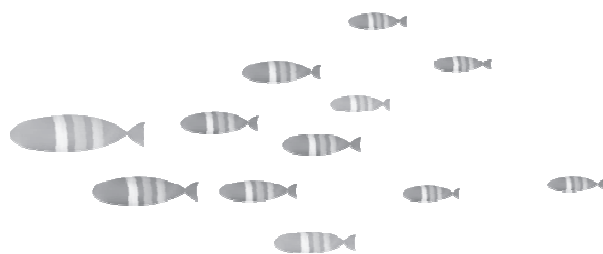


Рис. 1. Приклад косяка риб  
Джерело: розроблено авторами.

– косяк, як біологічна група створюється на тимчасовій або постійній основі.

Характерно й те, що косяк не має чітко визначеного лідера, на відміну від зграї, у якій він обов'язково є, але косяк здатен діяти як один злагоджений об'єкт. Також косяк демонструє ознаки розумної поведінки: може ухилитися від перешкод, гуртуватися при наблизненні небезпеки, змінювати форму для запобігання небезпеки [15].

Надалі, для обмеження досліджень, будемо розглядати косяк як групу однорідних об'єктів, здатних до сумісних та усвідомлених дій.

Якщо розглянути основні властивості такої групи, то можна виокремити деякі властивості:

- сукупність однорідних об'єктів (не завжди);
- невелика відстань між ними;
- єдність Об'єкти;
- члени групи не стикаються між собою;
- імпульсний рух від перешкоди, який передається від найближчих до перешкоди риб до найдавших;
- здатність до сумісних дій з ознаками розумності (усвідомленості).

Розглянувши ці ознаки та характеристики косяка, можливо зробити висновок на схожість такої групи, а особливо окремого елемента з характеристиками та особливостями кліткових автоматів.

Кліткові автомати характеризуються:

- одночасною зміною всіх станів клітин на кожному циклі роботи;
- клітини розташовані на однорідній решітці;
- решітці можуть бути надані різні властивості, що дозволяє описати складне навколишнє середовище;
- взаємодія клітин локальна, що може впливати лише на найближче оточення;
- множина станів клітин кінцева;

– правила зміни станів клітин відносно прості та мають кінцеву кількість [7–8; 11; 13].

Таким чином, косяк риби, який представлений групою однорідних рухомих об'єктів, може бути описаний за допомогою моделі клітинного автомату.

Розглянемо можливе рішення завдання пошуку за допомогою групи рухомих об'єктів на основі моделі клітинного автомату.

Якщо провести аналогію з природним середовищем то таку задачу можна уявити собі, як задачу пошуку їжі косяком риби [14–15].

Розглянемо формальну модель завдання клітинного автомату на площині, що відповідає задачі пошуку.

Тоді, двовимірний клітинний автомат можна визначити як множину кінцевих автоматів на площині з координатами  $(i, j)$ , що можуть знаходитися в одному з можливих станів  $S$  [7–8; 11; 13]:

$$\theta_{i,j} \in S \equiv \{0, 1, 2, 3, \dots, k\}. \quad (1)$$

На кожному кроці роботи автомату відбувається зміна стану автомату відповідно до правила:

$$\theta_{i,j}(t+1) = \phi(\theta_{k,l}(t) | (k,l) \in N(i,j)), \quad (2)$$

де  $N(i,j)$  – оточення автомату  $(i,j)$ .

У роботі використаємо визначенні оточення автомату як оточення Мура [11]:

$$N_M(i,j) = \{k,l | |i-k| \leq 1, |j-l| \leq 1\}. \quad (3)$$

Кількість можливих правил переходу визначається кількістю можливих станів  $\theta$  та кількістю сусідів, що розглядається  $m$ .

Теоретично кількість таких правил може дорівнювати:  $\Psi = \theta^m$ .

Аналіз формули (2) – (3) свідчить про те, що за допомогою правил може бути описана досить складна поведінка клітини та забезпечений розгляд великої кількості можливих станів. Розглянемо дані формальні описи на практиці відповідно до завдання статті.

Визначимо однорідну двовимірну сітку з координатами на площині (рис. 2). Дана сітка зазвичай згортається у сферу, тобто “нижній” край сітки стикається з “верхнім”, а “лівий” край з “правим”. Така згортка зазвичай використовується для простоти проведення розрахунків та уникнення пов'язаних з цим проблем [8]. Про те в зазначеному прикладі пропонується використовувати обмежену решітку з межами (рис. 2). Враховуючи правила розробки клі-

тинного автомату, для завдання пошуку будемо використовувати автомати двох типів: об'єкти пошуку та група пошуку (рис. 3 а, та 3 б відповідно). В якості основи для пошуку правил поведінки клітинного автомату використаємо модель сумісного пошуку їжі косяком. Використаємо найпростішу модель поведінки: автомат рухається до “їжі” – об'єкту, який знаходиться найближче.

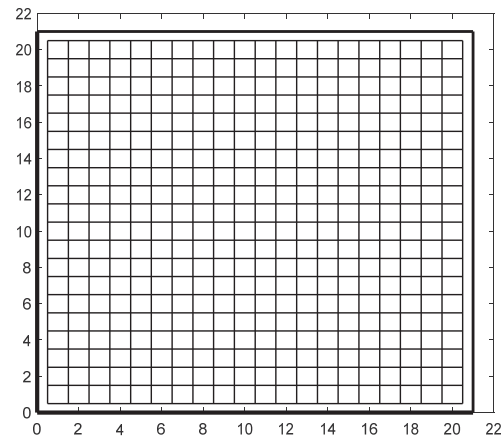
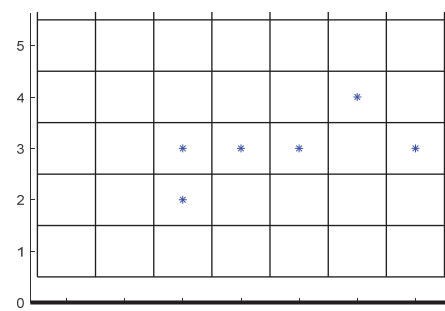
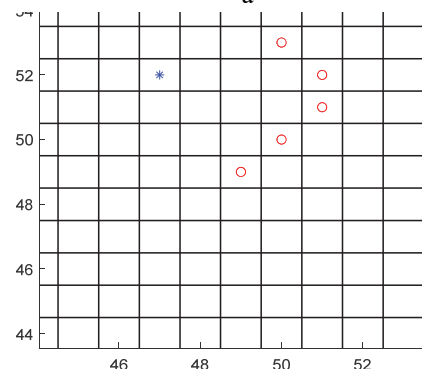


Рис. 2. Двовимірна однорідна сітка для роботи клітинного автомату

Джерело: розроблено авторами з використанням розробленої моделі.



а



б

Рис. 3. Типи клітинних автоматів:

а – об'єкти пошуку;

б – група пошуку.

Джерело: розроблено авторами з використанням розробленої моделі.

Взявши за основу таку модель поведінки, можна сформулювати наступні правила поведінки клітинного автомату:

1. Об'єкти пошуку не рухаються. Об'єкти задані множиною:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}, \quad (4)$$

де кожен об'єкт має координати.  $c_k(x_i, y_j)$

2. Група пошуку:

$O = \{o_1, o_2, \dots, o_g\}$ ,  $o_g(x_i, y_j)$  рухається узгоджено, не змінюючи своєї побудови.

3. На кожному кроці роботи клітинного автомату автомат групи пошуку змінює своє положення.

4. Всі розрахунки проводяться відносно центру ваги групи, що визначається за формулою:

$$O_{CB}(x, y) = \left( \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L x_l, \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L y_l \right), \quad (5)$$

де  $(x_l, y_l)$  координати клітинних автоматів, що належать до групи пошуку.

5. Автомати групи пошуку можуть визначати відстань до цілей відносно центру ваги групи.

6. Автомат групи пошуку рухається до найближчого об'єкту.

Для розрахунку відстані будується вектор від автомату пошуку до об'єктів. Після чого обирається об'єкт, відстань до якого найменша.

Далі обчислюється кут між обраним вектором та множиною орт векторів з центру мас групи пошуку (рис. 4).

Визначивши найменший кут між орт-векторами та вектором  $\overline{AB}$ , можемо визначити зміни координат для обчислення зміни положення автомату пошуку. В даному випадку зміна координат

буде дорівнювати орт вектору  $C(0,1)$ .

Після чого проводиться обчислення нового положення автоматів пошуку за наступним правилом:

$$o_{g+1}(x_i^*, y_j^*) = o_g(x_i, y_j) + C(0,1), \quad (6)$$

для всіх автоматів пошуку.

Таким чином, можна розробити структуру методу дослідження поведінки кліткового автомату, що реалізує процедуру пошуку (рис. 5).

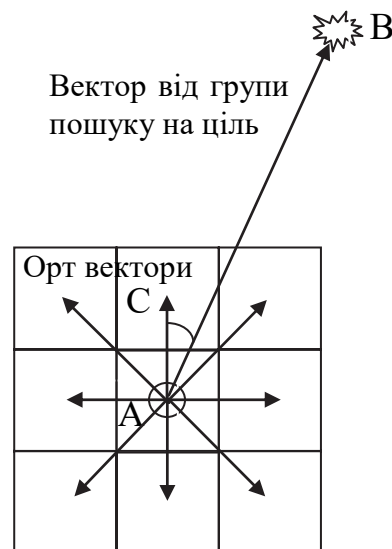


Рис. 4. Модель визначення напрямку руху та обчислення змін координат руху

Джерело: розроблено авторами з використанням розробленої моделі.

Розглянемо практичну реалізацію даного методу та її властивості.

На рис. 6 наведено початкову конфігурацію для дослідження. В даній моделі наведено п'ять автоматів пошуку та двадцять об'єктів, які необхідно знайти та відвідати.

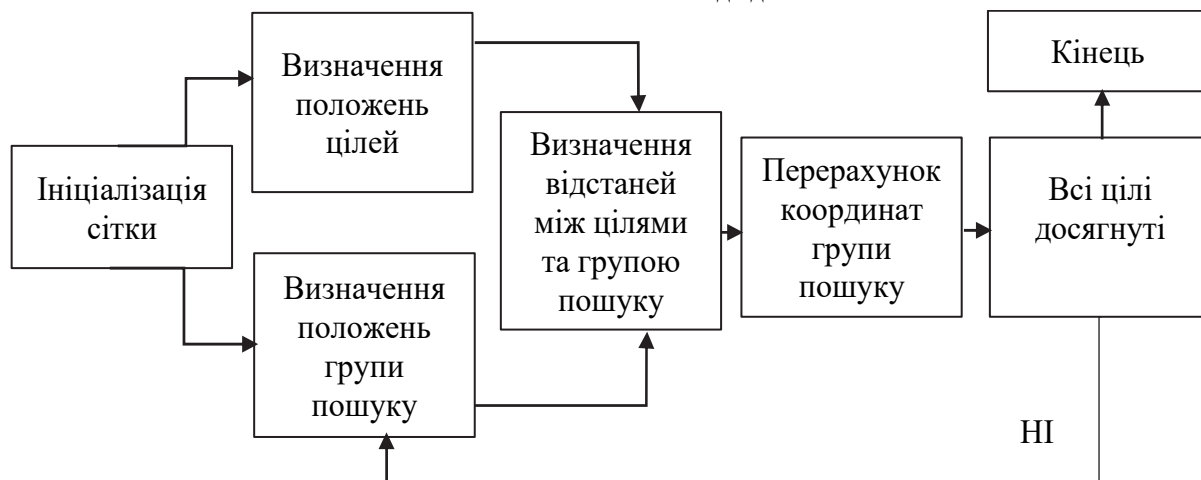


Рис. 5. Структура методу дослідження клітинного автомату пошуку цілей

Джерело: розроблено авторами.

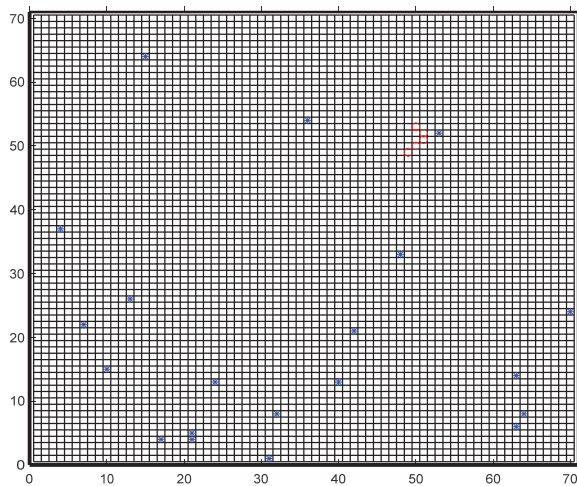


Рис. 6. Початкова модель для дослідження клітинного автомату  
Джерело: розроблено авторами.

Проміжний результат після виявлення двох об'єктів наведено на рис 7.

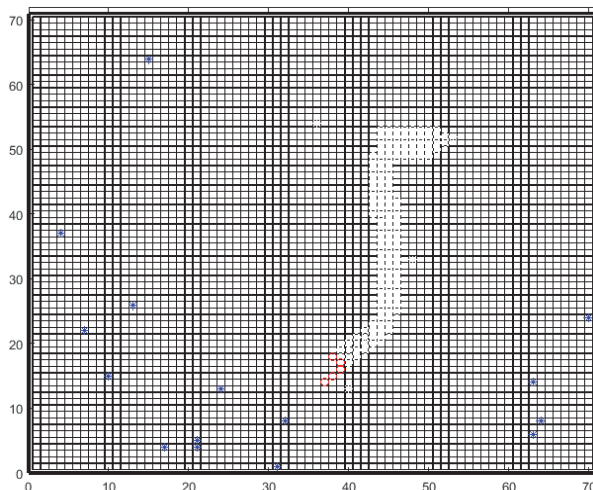


Рис. 7. Проміжний результат роботи клітинного автомату  
Джерело: розроблено авторами.

Остаточний результат роботи клітинного автомату наведено на рис. 8. На даному рисунку наведено шлях руху автомату пошуку. За результатами роботи автомату був знайдений шлях та знайдені всі об'єкти. В якості модифікації можливо впливати на логіку послідовності виявлення об'єктів.

Можна використати декілька стратегій для досягнення результату – “об'єкт знайдено”.

Наприклад такими стратегіями можуть бути:

- центр групи пошуку повинен співпадати з координатами об'єктів пошуку;
- центр групи може бути віддаленим від заданого об'єкту на деяку відстань.

На рис. 8 задана відстань від центру 10.

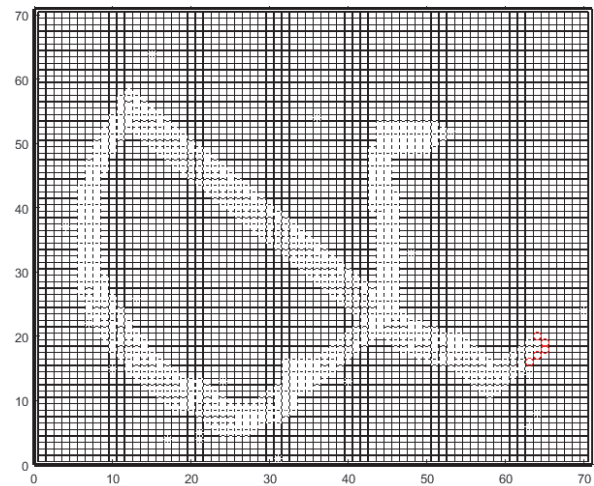


Рис. 8. Результат роботи клітинного автомату пошуку  
Джерело: розроблено авторами.

На рис. 9 наведено шлях руху групи пошуку при заданій відстані 3.

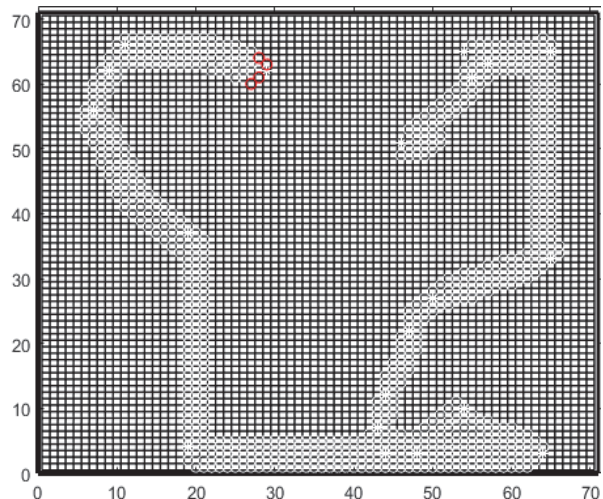


Рис. 9. Пошук шляху клітинним автоматом з радіусом пошуку 3  
Джерело: розроблено авторами.

Як видно з рис. 9, шлях стає більш гладким та з дотичним перетинанням кожного об'єкту але обчислений за визначеним правилом відвідання.

За результатами дослідження можна зробити наступний висновок: для підвищення точності пошуку шляху радіус пошуку потрібно зменшувати, а для врахування особливостей рішення задачі радіус пошуку може бути збільшеним. Таке підвищення дозволить скоротити час пошуку та одночасно охопити декілька цілей.

## Висновки

В статті розроблено метод та модель для вирішення завдання пошуку з використанням клітинного автомату. Досліджено клітинний автомат на ос-

нові двомірної однорідної сітки. За основу для розробки правил поведінки клітинного автомату взята особливість поведінки косяка риби, який складається з однотипних елементів. Площина сітки не згортається в сферу, а має чіткі межі, що відповідає особливості вирішення завдань пошуку на реальній місцевості. Розроблений в середовищі MatLab додаток доводить можливість реалізації даної моделі за незначний час. Наявність гнучкого інструментарію для створення правил роботи клітинного автомату дозволяє вирішувати набагато складніші завдання.

Прикладами таких завдань можуть бути: пошук за мінімальним часом, пошук за мінімальним маршрутом, пошук з урахуванням важливості цілей, а також композиції даних цілей, що потребує додаткових досліджень.

Таким чином розроблена модель дозволяє підвищити описові можливості клітинного автомату для вирішення завдань пошуку цілей, врахувати особливості вирішення завдання та розташування цілей, а також впливати на швидкість та точність вирішення завдання.

## Список літератури

1. Пожидаев М. С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта : дисс. ... канд. техн. наук : 05.13.18. Томск, 2010. URL: <http://www.marigostra.ru/materials/disser.html> (дата звернення 05.05.2021).
2. Сластиников С. А. Применение метаэвристических алгоритмов для задачи маршрутизации транспорта. *Экономика и математические методы*. 2014. № 1(50). С. 117-126.
3. Мацюк Н. О. Особливості розв'язання задачі комівояжера для підприємств гуртової торгівлі. *Вісник Харківського національного університету*. 2013. № 5. Т. 2. С. 95-100.
4. Bjarnadottir A. S. Solving the Vehicle Routing Problem with Genetic Algorithms. Odense : Technical University of Denmark, 2004. 127 p.
5. A review of cellular automata models for crowd evacuation / Li Yang et al. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2019. Vol. 256. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437119303528> (accessed 05.05.2021).
6. Аладьев В. З. Классические однородные структуры. Клеточные автоматы. 2009. 535 с. URL: <https://elibrary.ru/katalog/134963-249078.pdf> (дата звернення 05.05.2021).
7. Бандман О. Л. Клеточно-автоматные модели пространственной динамики. *Системная информатика*. 2005. № 10. С. 57-113.
8. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов: пер. с англ. Москва : Мир, 1991. 280 с.
9. Макаренко О. С., Крушинський Д. А. Моделивання руху пішоходів на основі клітинних автоматів. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2010. № 1. С. 100-109.
10. Babaei A., Nomayun M., Rasul E. A new permutation-diffusion-based image encryption technique using cellular automata and DNA sequence. *Optik*. 2020. Vol. 203. URL: <https://inlnk.ru/84NGv> (accessed 05.05.2021).
11. Павленко М. А. Метод решения задачи прокладки маршрутов при управлении движением воздушного объекта. *Системы обработки информации*. 2014. № 5(121). С. 87-90.
12. Мацюк Н. О., Жихаревич В. В., Мацюк Н. О. Розв'язання задачі маршрутизації з використанням модифікованого мурашино-клітинно-автоматного алгоритму. *Вісник економічної науки України*. 2016. № 1(30). С. 49-54.
13. Жихаревич В. В., Мацюк Н. О. Клітинно-автоматний підхід до розв'язання задачі маршрутизації оптових торговельних підприємств із урахуванням транспортної інфраструктури регіону. *Вісник економічної науки України*. 2016. № 2. С. 69-73. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Venu\\_2016\\_2\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Venu_2016_2_17) (дата звернення 05.05.2021).
14. Khmelevskiy S., Pavlenko M., Petrov O. Information analysis method about current situations in ACS of special operations. *Сучасні інформаційні системи*. 2020. № 1(4). С. 103-106.
15. Бурова Е. М. Эвристический алгоритм поиска косяков рыб. *Электронный научный журнал*. 2020. № 1(30). С. 87.

Надійшла до редколегії 14.07.2021

Схвалена до друку 14.09.2021

### Відомості про авторів:

#### Павленко Максим Анатолійович

доктор технічних наук професор  
начальник кафедри Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3216-1864>

#### Руденко Владислав Миколайович

кандидат технічних наук доцент  
доцент Донбаської державної машинобудівної академії,  
Слов'янськ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2336-6609>

### Information about the authors:

#### Maksim Pavlenko

Doctor of Technical Sciences Professor  
Head of the Department of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3216-1864>

#### Vladislav Rudenko

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Senior Lecturer of Donbass State Engineering Academy,  
Slavyansk, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2336-6609>



**Захарченко Ірина Вікторівна**

кандидат технічних наук  
старший викладач Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-8534-1888>

**Iryna Zakharchenko**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Instructor of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-8534-1888>

**Зінченко Андрій Олександрович**

доктор технічних наук професор  
Головний інспектор Головної інспекції  
Міністерства оборони України,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

**Andrii Zinchenko**

Doctor of Technical Sciences Professor  
Chief Inspector of the General Inspectorate  
Ministry of Defense of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

**Чистов Валерій Ігорович**

ад'юнк  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4401-3773>

**Valerii Chystov**

Doctoral Student  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4401-3773>

### **МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ГРУПП ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТЧНОГО АВТОМАТА**

М.А. Павленко, В.Н. Руденко, И.В. Захарченко, А.А. Зинченко, В.И. Чистов

*Поиск распределенных объектов в районах является важным и достаточно сложным заданием мониторинга при исполнении специальных задач. Решение данной задачи заключается в разработке стратегии поиска с использованием групп подвижных объектов. В качестве таких групп можно рассматривать поисковые группы, беспилотные системы и много других. Тем не менее исследования групповой деятельности движения объектов - это известная задача, которую можно решить многими способами. Один из способов - поиск аналогий в живой природе, и использование механизмов, реализованных природой в поведении живых существ. В статье разработаны стратегия поиска, основанная на воспроизведении природного явления группового поведения, а именно поведение косяка рыб. Основные характерные свойства косяка рыб реализованы с помощью клеточного автомата на двумерной однородной решетке с автоматами, которые характеризуют объекты поиска и групповой движущийся объект. В работе использованы и описана однородная клеточная решетка, которая не свернута в сферу для упрощения вычислений. Для решетки установлены границы, которые характерны при решении реальных задач поиска объектов в заданной области пространства. В статье рассмотрена деятельность однородных групповых объектов, однако в дальнейшем для совершенствования такого подхода, могут быть использованы разнородные и смешанные группы или совокупности разнородных групп, что будут действовать в соответствии с наборами правил изменения состояний. Использование клеточного автомата позволяет создать произвольную систему правил его работы. Критерии, которые характеризуют достижимость объектов поиска могут быть модифицированы под конкретные задачи и позволяют влиять на время и оперативность поиска, а также создавать различные сочетания этих и других факторов, которые воздействуют на эффективность решения задачи. Исследования такого автомата позволяет утверждать о возможности создания эффективного автомата поиска маршрутов с заданными часом и точностью работы, что может быть использовано в реальных условиях.*

**Ключевые слова:** клеточный автомат, поиск пути, задача оптимизации, случайный поиск, модель.

### **METHOD FOR STUDYING THE BEHAVIOR OF GROUPS OF MOBILE OBJECTS USING A CELLULAR AUTOMATOR**

M. Pavlenko, V. Rudenko, I. Zakharchenko, A. Zinchenko, V. Chystov

*The search for distributed facilities in the districts is an important and rather difficult task of monitoring when performing special tasks. Solving this problem is to develop a search strategy for the use of groups by moving objects. Search groups, unmanned systems and many others can be considered as such groups. Against the study of group activity the movement of objects is a well-known task, please can be solved in many ways. One of the ways - the search for analogies in wildlife, and the use of mechanisms implemented by nature in the behavior of living beings. The article develops a search strategy based on the reproduction of a natural phenomenon of group behavior, namely the behavior of a shoal of fish. The main characteristic properties of the shoal of fish are realized by means of a cellular automaton on a two-dimensional homogeneous lattice with automata characterizing search objects and a group moving object. A homogeneous cell lattice is used and described, which is not folded into a sphere for Simplification of calculations. For a lattice the boundaries which are characteristic for the decision of real problems at search of objects in the set area of space are established. The article considers the activities of homogeneous group objects, as opposed to further improvement of this approach, can be used heterogeneous and mixed groups or sets of heterogeneous groups, which will act in accordance with the sets of rules of change of state. The use of a cellular automaton allows you to create an arbitrary system of rules for its operation. Criteria that characterize the reachability of search objects can be modified for specific tasks and allow to influence the time and efficiency of the search, as well as create different combinations of these and other factors that affect the effectiveness of the task. Research of such automatic machine allows to assert about possibility of creation of the effective automatic machine of search of routes with the set hour and accuracy of work that can be used in real conditions.*

**Keywords:** cellular automaton, pathfinding, optimization problem, random search, model.