

Таким чином, запропонований метод має як глибоке теоретичне підґрунтя так і широке коло можливостей використання на практиці під час розробки та тестування ІКС за допомогою таблиць рішень, що містять сценарії на основі випадків використання. ВКТР здатні значно вдосконалити тестові набори, що відповідно дає можливість значно поглибити тестування програмних продуктів, зокрема інформаційних систем.

Література:

1. Галіцин В. К., Сидоренко Ю. Т., Потапенко С. Д. Технологія програмування і створення програмних продуктів : навч. посіб. К. : КНЕУ, 2009. 372 с.

2. Lysenko I. A. Information technology of developing test kits based on software requirements / I. A. Lysenko, O. A. Smirnov. *International Journal of Computational Engineering Research (IJ CER)*. Delhi (India), 2016. Volume 6, Issue 1. P. 35–38.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-519-8-3>

SPATIAL MODELING OF NEW SHELTER PLACEMENT IN UKRAINIAN CITIES BASED ON GRAVITY MODELS

ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ НОВИХ УКРИТТІВ В МІСТАХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ГРАВІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Oleshchenko L. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Computer
Systems Software Department
National Technical University of
Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic
institute"
Kyiv, Ukraine*

Олещенко Л. М.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмного
забезпечення комп'ютерних систем
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

З огляду на сучасну ситуацію в Україні, питання створення ефективної системи укриттів (бомбосховищ) набуло особливої актуальності. Традиційний підхід до будівництва укриттів часто не враховує просторову нерівномірність розподілу населення, транспортну доступність чи ймовірність виникнення небезпеки в окремих регіонах. У цьому контексті

застосування гравітаційних моделей, зокрема моделі Хаффа, стає перспективним інструментом для планування розміщення укриттів.

Сьогодні в Україні розроблені застосунки для пошуку укриття під час повітряної тривоги, такі як «Dozor Укриття», «Де укриття». Такі рішення розроблені для невеликої кількості міст та несуть інформативний характер на основі поточної геолокації користувача (рис. 1, 2).

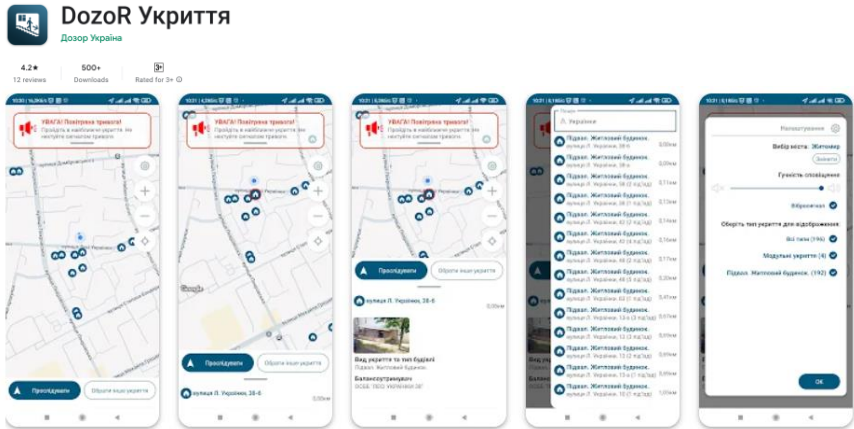


Рис. 1. Графічний інтерфейс користувача застосунку «Dozor Укриття»

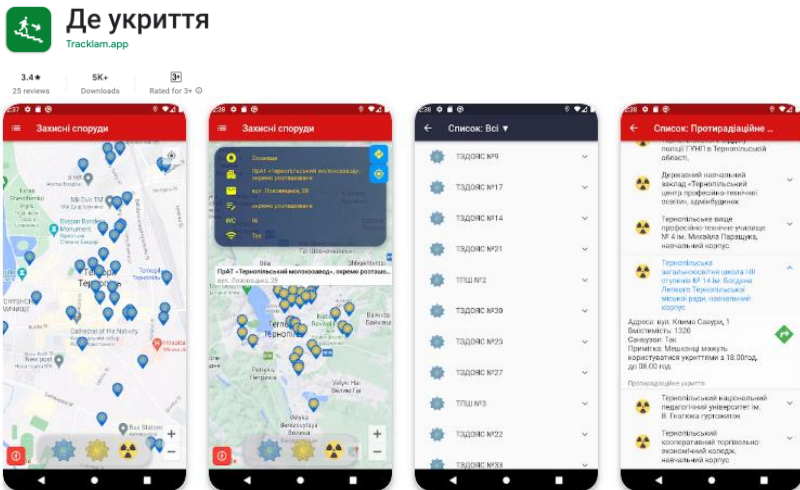


Рис. 2. Графічний інтерфейс користувача застосунку «Де укриття»

Гравітаційні моделі широко використовуються у просторовій економіці та урбаністиці для аналізу взаємодії між об'єктами, що враховує їхню віддаленість та "потужність". У випадку укриттів "потужністю" може слугувати їхній розмір, місткість, рівень безпеки тощо. Останні дослідження підкреслюють інноваційні методи аналізу міської динаміки та оптимізації розподілу послуг. Моделі людської мобільності та динаміка міського регіону [1], а також жвавість району під впливом багатофункціональної забудови [2] підкреслюють важливість використання передових показників, таких як числа Хілла.

У даній роботі використовується гравітаційна модель Хаффа, яка визначає ймовірність вибору конкретного укриття залежно від його доступності та привабливості. Формула запропонованої моделі має вигляд:

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k=1}^n U_{ik}} = \frac{S_j^\alpha \cdot D_{ij}^\beta}{\sum_{k=1}^n S_k^\alpha \cdot D_{ik}^\beta}, \quad (1)$$

де P_{ij} – ймовірність того, що населення з місця i вибере укриття j ; n – кількість укриттів у місті (районі міста); S_j – площа укриття; U_{ij} – привабливість укриття (це може бути місткість укриття або рівень його захисту); D_{ij} – відстань між точкою i та укриттям j ; α і β – параметри, що визначають чутливість до відстані.

Розрахунки за допомогою моделі Хаффа показали, що для міст із високою густиною населення необхідно розміщувати укриття з високою місткістю поблизу основних транспортних вузлів. Наприклад, для міста Києва оптимальними зонами стали райони поблизу станцій метрополітену, які мають доступ до великих масивів населення. У приміських зонах, таких як передмістя Львова чи Одеси, укриття доцільно розташовувати в радіусі до 5 км від великих населених пунктів, забезпечуючи швидкий доступ автомобільним або залізничним транспортом. Для сільських регіонів критичною є проблема покриття великих площ, тому доцільно будувати укриття з меншим радіусом дії, але в більшій кількості. Застосування гравітаційних моделей дозволяє більш раціонально підходити до планування розміщення укриттів. Поєднання таких моделей з ІТ-рішеннями, як GIS-системи (геоінформаційні системи), забезпечує можливість візуалізації результатів та моделювання різних сценаріїв. Інтеграція моделі Хаффа у платформу QGIS або ArcGIS дозволяє автоматизувати процес розрахунку ймовірностей та швидко адаптувати розміщення укриттів до змін у просторових даних. У статті було [3] запропоновано дворівневу

багатокритеріальну модель для оптимізації розміщення міських укриттів, враховуючи фактори, такі як рівень прийняття рішень, ефективність використання та обмеження місткості укриттів. Гравітаційна модель використовується для моделювання поведінки евакуйованих осіб. У роботі [4] аналізується доступність міських укриттів, використовуючи гравітаційну модель та просторовий синтаксис на основі ARCGIS Network Analyst, а також виконано вимірювання доступності укриттів у межах певного часу пішої ходи.

У даному дослідженні було використано вебсайт з офіційною картою бомбосховищ, що дозволяє переглядати локації укриттів у місті Київ [5]. Дані з цього джерела було використано для побудови та програмної реалізації гравітаційної моделі Хаффа з урахуванням густини населення та розміщення наявних укриттів, за допомогою мови програмування Python (рис. 1).

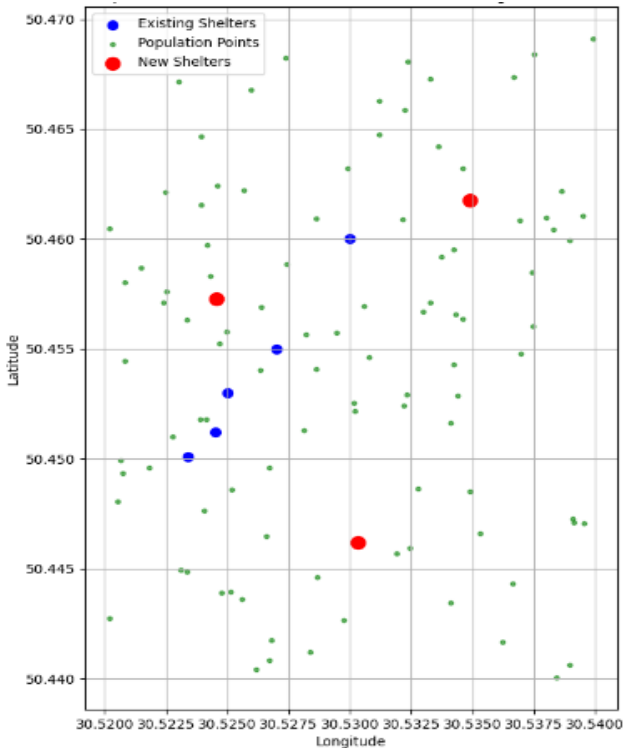


Рис. 1. Використання моделі Хаффа для побудови трьох нових укриттів у м. Київ

Для інтеграції даних з цього ресурсу їх було було завантажено у вигляді GeoJSON для роботи з Python та імпортовано координати укриттів у скрипт. Потім отримано доступ до API та адаптовано код для роботи з цими даними.

Отже, гравітаційні моделі, такі як модель Хаффа, є ефективним інструментом для оптимізації розміщення укриттів. Застосування цих моделей дозволяє враховувати просторові особливості та забезпечувати доступність укриттів для населення. Інтеграція гравітаційних моделей з сучасними IT-рішеннями забезпечує гнучкість та швидкість у прийнятті рішень. Подальші дослідження можуть зосереджуватися на розробці адаптивних моделей, які враховують динамічні зміни в густоті населення та рівні небезпеки.

Література:

1. Yang X., Fang Z., Xu Y., Shaw S.-L., Zhao Z., Yin L., Lin Y. Understanding spatiotemporal patterns of human convergence and divergence using mobile phone location data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2016. № 5 (10). P. 177–195. DOI: 10.3390/ijgi5100177.
2. Yue Y., Zhuang Y., Yeh A. G., Xie J.-Y., Ma C.-L., Li Q.-Q. Measurements of POI-based mixed use and their relationships with neighbourhood vibrancy. *International Journal of Geographical Information Science*. 2017. № 31(4). P. 658–675. DOI: 10.1080/13658816.2016.1220561.
3. Lei He, Ziang Xie. Optimization of Urban Shelter Locations Using Bi-Level Multi-Objective Location-Allocation Model. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022. Apr. 6. 19 (7): 4401. DOI: 10.3390/ijerph19074401.
4. Kaili Dou, Qingming Zhan. Accessibility Analysis of Urban Emergency Shelters: Comparing Gravity Model and Space Syntax. *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*. Nanjing, China. 2011. P. 5681–5684. DOI: 10.1109/RSETE.2011.5965642.
5. Карта укриттів м. Києва. URL: <https://gis.kyivcity.gov.ua/shelter/> (дата звернення: 05.12.2024).