

Марчук Д.К.

Державний університет «Житомирська політехніка»

АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ РОЗТАШУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА АВТОСТОЯНКАХ ДЛЯ РОЗРОБКИ МОЖЛИВИХ НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ

З огляду на зростання чисельності автомобільного транспорту та заторів на дорогах, розумне паркування завжди є стратегічним питанням. На сьогодні системи управління паркуванням, які можуть відстежувати вільні місця, стали необхідними практично для всіх міст і мегаполісів. Такі системи дозволяють користувачам легко та швидко знаходити вільні місця та орієнтуватися в їхньому розташуванні. Але системи паркування, що знаходяться на ринку мають як переваги, так і недоліки. Одним із недоліків є потреба в особливому розташуванні камер. Дослідження акцентує увагу на проблемі, яка виникає внаслідок розташування відеокамер, що знаходяться на, або поблизу місць паркування. З огляду на це не завжди зручно визначати зайнято чи вільно паркувальне місце; транспортні засоби можуть перекривати як вільні так і зайняті паркувальні місця; бути припарковані не правильно або займати два і більше місць для паркування. Метою даного дослідження є створення бази правил для моделі нечіткого логічного висновку, яка буде використана у комп'ютеризованій системі пошуку вільного паркувального міста. Через те що багато факторів впливають на зображення, яке надходить з відеокамер було досліджено розташування транспортних засобів на місцях для паркування на парковці по вулиці Героїв небесної сотні у місті Житомир. В роботі проведено аналіз геометричних параметрів транспортних засобів, що розташовані на місцях для паркування. Для відображення площин транспортного засобу та паркувального місця було використано алгоритм триангуляції багатокутника. Для дослідження були зроблені розрахунки площин паркувального місця та транспортних засобів, що знаходяться на цих місцях. Розглянуто п'ять місць для паркування на двох з них знаходяться транспортні засоби. Визначено критерії, за якими можна оцінити доступність місця для паркування. Проведено аналіз зображення на визначення зайнятості паркувального міста. За допомогою програмного забезпечення визначено відсоток вільного або зайнятого місця. На основі отриманих даних було створено базу правил, яка буде використана в алгоритмі знаходження вільного паркувального місця.

Ключові слова: нечітка логіка, база правил, модель, триангуляція, геометричні властивості, паркувальне місце, транспортний засіб.

Постановка проблеми. Розташування камер на міських парковках не завжди зручно для визначення зайнятості паркувального місця. Транспортні засоби можуть перекривати вільні паркувальні місця, бути припарковані не правильно або займати два і більше місць для паркування. Якщо розглядати кадр з відеопотоку, як 2D зображення, незрозуміло як розташовано транспортний засіб на паркувальному місті. Тому для вирішення проблеми використовують нейронні мережі або нечітку логіку, а поєднання цих двох технологій може бути використано для створення більш надійних і гнучких комп'ютеризованих систем. Основними перевагами нечітких нейронних мереж є можливість працювати з невизначеними, неточними, неповними, неоднозначними даними. Нечіткі нейронні мережі використовують базу нечітких правил. Для створення бази правил потрібно:

- Провести аналіз геометричних параметрів транспортних засобів.
- Провести аналіз зображення на визначення зайнятості паркувального міста.
- На основі отриманих даних створити базу правил.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема паркування стала глобальною для багатьох великих міст по всьому світу. Попит на паркувальні місця зростає швидше, ніж їх пропозиція, що створює серйозні труднощі. Вже було запропоновано безліч рішень для вирішення цієї проблеми.

У дослідженні [1] пропонується рішення проблеми паркування на основі нечіткої логіки. Це рішення рекомендує клієнту найкраще місце для паркування, обробляючи кількість вільних паркувальних місць у різних місцях міста, відстань від клієнта до місця паркування та відповідну

інформацію про дорожній рух. Вхідними даними для розробленої системи є кількість вільних паркувальних місць, відстань і час. Вихідними даними для системи є кількість вільних місць, відстань між користувачем та передбачуваний час доступу до парковки. Таким чином, представлено інтелектуальне рішення проблеми паркування та доступності паркувальних місць.

У статті [2] використовуються чотири лінгвістичні вхідні дані, такі як одиниця паркування автомобіля, відстань, кількість сигналів світлофора та площа парковки, щоб отримати один вихід – час. Цей контролер нечіткої логіки буде корисним для водіїв, щоб знайти найкоротший шлях серед інших шляхів за найменший проміжок часу. Крім того, можна вирішити проблему пошуку відповідного місця для паркування.

У статті [3] пропонується сервіс пошуку паркувального місця на основі даних про місцезнаходження транспортного засобу. Він допомагає знайти найкраще паркувальне місце на залізничному вокзалі для паркування автомобіля на основі поточного місцезнаходження, запланованого часу відправлення, наявності вільних місць та найкоротшого часу в дорозі. Прототип системи спроектований і розроблений для реалізації моделі нечіткого логічного прогнозування з використанням Android SDK 4.0 і Google API 16.

У статті [4] представлено математичне моделювання системи паркування автомобілів на основі нечіткої логіки. Розумна система паркування допомагає отримати інформацію про вільні місця на парковці. Метод використовує нечітку систему розумного паркування автомобілів для невеликих парковок.

Модель, що описана у роботі [5] враховує такі фактори, як відстань, час у дорозі, наявність місць для паркування та вподобання користувача, використовуючи дані, оброблені через Google Maps API та Open-CV. Нечітка логіка використовується в моделі для роботи з неточними концепціями, забезпечуючи адаптивність. Оцінки продуктивності показали вражаючу точність у 92%, що підтверджує його життєздатність для реального впровадження. Це дослідження значно покращує розумні рішення для паркування, демонструючи перспективи скорочення часу пошуку паркувального місця, зменшення заторів і підвищення ефективності паркування.

Застосування штучного інтелекту в транспортній сфері спрямоване на подолання різних проблем. Приклади методів, які знаходять свій шлях до сфери транспорту, включають штучні нейронні

мережі, еволюційні алгоритми, нечітку логіку. У документі [6] представлено огляд методів штучного інтелекту, які застосовуються для вирішення транспортних проблем, головним чином у сфері управління дорожнім рухом, безпеки руху, громадського транспорту та міської мобільності.

Стаття [7] містить новий концептуальний внесок, який детально обговорює маловивчений зв'язок штучного інтелекту, транспорту та розумного міста та те, як це вплине на майбутнє міст.

Розробка ефективної моделі штучного інтелекту є складним завданням через динамічний характер і варіації проблем і даних реального світу. У статті [8] представлено комплексний погляд на «моделювання на основі штучного інтелекту» з принципами та можливостями потенційних методів штучного інтелекту, які можуть відігравати важливу роль у розробці інтелектуальних і розумних систем у різних сферах реального застосування, включаючи бізнес, фінанси, охорону здоров'я, сільське господарство, розумні міста тощо.

У статті [9] описано застосування глибокої нейронної мережі для вирішення проблеми розпізнавання автомобілів і вільних місць для паркування, отриманому з відео потоку. Автори статті довели, що використання згорткових нейронних мереж є основною з переваг. У програмному додатку дослідникам вдалося отримати оптимальний баланс між продуктивністю та точністю за рахунок правильного підбору налаштувань мережі. Авторами роботи [10] запропоновано програмну реалізацію з використанням методів штучного інтелекту для пошуку вільного місця на парковці.

Злиття штучних нейронних мереж і систем нечіткого логічного висновку викликають зростаючий інтерес дослідників у різних наукових та інженерних сферах через зростаючу потребу в адаптивних інтелектуальних системах для вирішення проблем реального світу. Обчислювальна структура, заснована на концепції теорії нечітких множин, нечітких правил «якщо-тоді» та нечіткого міркування [11].

В роботі [12] досліджено принципову структуру інтелектуальної системи та алгоритми поєднання систем комп'ютерного зору та нечіткої логіки. Введено оптимальний критерій на основі навчальної множини, необхідний для налаштування значень нечіткої системи. Наведено реальні дані, які можуть погіршити якість зображення та зменшити ефективність розпізнавання, а також реакцію запропонованої інтелектуальної системи.

Можна зробити висновки, що теоретичні аспекти проблеми паркування тісно пов'язані з нейронними мережами та нечіткою логікою.

Метою даного дослідження є розробка правил для моделі нечіткого логічного висновку, яка допоможе виявити вільні місця для паркування та впровадження її в комп'ютеризовану систему пошуку вільних паркувальних місць, що дозволить ефективно інформувати користувачів про наявність вільних паркувальних місць.

Виклад основного матеріалу. Модель нечіткого логічного висновку (рис. 1) складається з чотирьох блоків: блоку фазифікації; блоку логічного висновку; блоку дефазифікації; блоку нечітких правил.

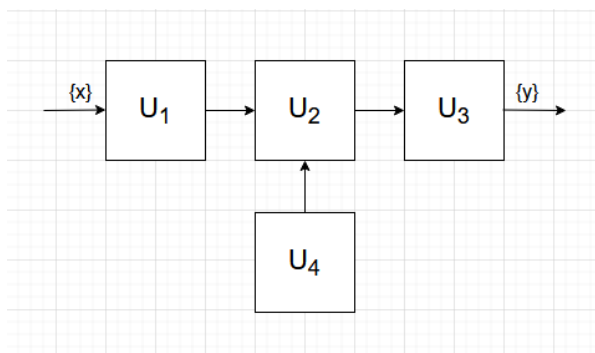


Рис. 1. Модель нечіткого логічного висновку

На рисунку 1 зображено блок фазифікації (U_1), де проходить перетворення вхідних чітких даних у нечіткі; блок нечіткого логічного висновку (U_2); блок дефазифікації (U_3), де проходить нечітких даних у чіткі; блок нечітких правил (U_4), де знаходяться інформація у вигляді правил виду «якщо – то»; x – вхідні дані (чіткі); y – висновок по правилам.

Для створення моделі нечіткого логічного висновку потрібно створити базу правил, для якої необхідно визначити основні характеристики, що будуть задіяні в рішенні поставленої задачі. Основною характеристикою, що впливає на результат є паркувальне місце. Головним чинником є відсоток зайнятості паркувального місця, другим, то як транспортні засоби займають паркувальне місце.

Для побудови бази правил необхідно провести дослідження розташування транспортних засобів на місцях для паркування. Для дослідження використаємо відеокадри зображень автостоянки, що розташована у місті Житомир на вулиці Героїв небесної сотні і має розмітку для паркування. У дослідженні буде розглянуто п'ять паркувальних місць, два з яких зайняті транспортними засобами.

Характеристика паркувального місця: мінімальний розмір паркувального місця повинен

становити 13,25 кв. м. (ширина повинна становити 2,5 м., довжина – 5,3 м., розміри паркувального місця для інвалідів мають більші розміри ширина – 3,6 м., довжина – 6,2 м.), але багато забудовників для підвищення зручності збільшують площу паркувальних місць до 15 кв. м.

У дослідженні використаємо геометричні параметри транспортних засобів, що знаходяться на парковці. Геометричні властивості об'єктів, що знаходяться на визначеному паркувальному місті будемо знаходити з використанням алгоритму для побудови триангуляції на плоскому наборі з N точок. Триангуляція в широкому сенсі полягає в розбитті геометричного об'єкта на симплекси. На площині це розбиття на трикутники, що можна побачити на рисунку 2.



Рис. 2. Етапи триангуляції для знаходження відсотку зайнятості паркувального місця транспортним засобом

В дослідженні важливо отримання візуального відображення і результатів підрахунку відсотків, що займає транспортний засіб і відсотків зайнятості паркувального місця (табл. 1). Результати були отримані за допомогою розробленого програмного забезпечення






Для створення правил проведемо аналіз ситуацій, що можуть виникнути на парковці в розрізі відсотку зайнятого місця транспортним засобом (табл. 1).

На першому місті для паркування знаходиться великий транспортний засіб. Транспортний засіб не повністю займає територію паркувального місця. Програмні розрахунки показали, що місце для паркування зайнято на 51.99613%. Можна зробити висновки, якщо паркувальне місце зайнято майже на 52 відсотки, то більше ніхто не зможе припаркуватися на це місто.

Друге паркувальне місце перекриває транспортний засіб, який знаходиться на першому паркувальному місці майже на 66.44849%. Можна зробити висновок, що друге паркувальне місце може бути зайнято. Розташування і кут нахилу камери змінити не можна.

Третє і четверте паркувальне місце треба розглядати разом, тому що транспортний засіб припарковано не правильно і він займає два місця для паркування. За результатами підрахунків другий транспортний засіб займає 21.64109% третього паркувального

Візуальне відображення розрахунків зайнятості паркувального місця

Місце для паркування	Візуальне відображення розрахунків	Результати
1		Parking area: 1.091458 Car area: 3.40178 Intersection area: 0.5675159 Parking occupation: 51.99613% Car occupation: 16.68291%
2		Parking area: 0.8980738 Car: 3.40178 Intersection area: 0.5967565 Parking occupation: 66.44849% Car occupation: 17.54248%
3		Parking area: 0.9084731 Car1 area: 3.40178 Intersection car1 & parking area: = 0.1211344 Parking occupation: 13.33385% Car1 occupation: 3.560913% Car2 area: 2.08932 Intersection car2 & parking area: = 0.4521516 Parking occupation: 49.77049% Car2 occupation: 21.64109% All cars parking occupation: 63.10434%
4		Parking area: 0.6454452 Car area: 2.08932 Intersection area: 0.5709473 Parking occupation: 88.45791% Car occupation: 27.32695%
5		Parking area: 0.4803072 Car area: 2.08932 Intersection area: 0.1817422 Parking occupation: 37.83875% Car occupation: 8.698631%

місця. Але якщо розглянути друге і третє паркувальне місце можна зробити висновок, що між цими транспортними засобами можна виділити одне паркувальне місце. Четверте паркувальне місце зайнято на 88.45791%, тому четверте паркувальне місце вважаємо зайнятим.

П'яте паркувальне місце вільно на 37.83875%, тому вважаємо його зайнятим.

Підсумовуючи результати дослідження розташування транспортних засобів на парковці представимо варіанти різних ситуацій, що потребують логічного висновку. У Таблиці 2 представлені варіанти відсотку зайнятості паркувального місця транспортними засобами. Для висновку використано логіколінгвістичну множину даних {місце сильно вільне, місце слабко вільне, місце сильно зайняте, тощо}.

Таблиця 2

Зайнятість місця для паркування транспортними засобами для різних випадків

	% зайнятості паркувального місця транспортними засобами	Висновок
Випадок 1	0-10	місце сильно вільне
Випадок 2	10-25	місце слабко вільне
Випадок 3	25-50	місце слабко зайняте
Випадок 4	50-75	місце сильно зайняте
Випадок 5	75-100	місце зайняте

У таблиці 3 наведені варіанти, коли паркувальне місце займає декілька транспортних засобів.

Таблиця 3

Відсоток транспортного засобу на місці паркування

	% 1-го ТЗ	% 2-го ТЗ	Висновок
Випадок 1	0-10	0-10	місце сильно вільне
Випадок 2	10-25	0-10	місце слабко вільне
Випадок 3	<50	0-10	місце слабко зайняте
Випадок 4	>50	0-10	місце сильно зайняте
Випадок 5	>75	*	місце зайняте
Випадок 6	10-25	10-25	місце слабко зайняте
Випадок 7	25-50	10-25	місце сильно зайняте
Випадок 8	25-50	25-50	місце зайняте
Випадок 9	50+	10+	місце зайняте

Для виведення результату в нечітких системах використовуються нечіткі правила. В результаті проведеного аналізу було виведено основну систему правил для поточної задачі з системою нечіткого логічного висновку типу Такагі-Сугено:

Список літератури:

1. Tuncer, T. and Yar, O., 2019. Fuzzy Logic-Based Smart Parking System. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 24(5)
2. Saeed, M. and Haris, M., 2020. Smart parking system using fuzzy logic controller for alien cities. *International Journal*, 9(1), pp .62–71.
3. Chen, Z., Xia, J. and Irawan, B., 2013. Development of Fuzzy Logic Forecast Models for Location--Based Parking Finding Services, *Fuzzy Computing and Intelligent Transportation*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/473471>

Якщо <транспортний засіб займає менше 10% паркувального місця> **То** <місце сильно вільне > F1.

Якщо <транспортний засіб займає менше 25% паркувального місця> **То** <місце слабко вільне > F2.

Якщо <транспортний засіб займає менше 50% паркувального місця> **То** <місце слабко зайняте > F3.

Якщо <транспортний засіб займає більше 50% паркувального місця> **То** <місце сильно зайняте > F4.

Якщо <транспортний засіб займає більше 75% паркувального місця> **То** <місце зайняте > F5.

Якщо <на паркувальному місці немає транспортних засобів > **То** <місце вільно > F6.

Якщо <менше 10% транспортного засобу займає паркувальне місце> **То** <місце сильно вільне > F7.

Якщо <менше 25% транспортного засобу займає паркувальне місце> **То** <місце слабко вільне > F8.

Якщо <менше 50% транспортного засобу займає паркувальне місце> **То** <місце слабко зайняте > F9.

Якщо <більше 50% транспортного засобу займає паркувальне місце> **То** <місце сильно зайняте > F10.

Якщо <більше 75% транспортного засобу займає паркувальне місце> **То** <місце зайняте > F11.

Якщо <ТЗ1 займає менше 25% паркувального місця & ТЗ2 займає менше 25% паркувального місця > **То** <місце слабко зайняте > F12.

Якщо <ТЗ1 займає менше 50% паркувального місця & ТЗ2 займає менше 25% паркувального місця > **То** <місце сильно зайняте > F13.

Якщо <ТЗ1 займає менше 50% паркувального місця & ТЗ2 займає менше 50% паркувального місця > **То** <місце зайняте > F14.

Якщо <ТЗ1 займає більше 50% паркувального місця & ТЗ2 займає більше 10% паркувального місця > **То** <місце зайняте > F15.

Висновки. У дослідженні проведено аналіз геометричних параметрів транспортних засобів, що розташовані на місцях для паркування на парковці міста Житомира.

Проведено аналіз зображення на визначення зайнятості паркувального міста. Для дослідження було обрано п'ять паркувальних місць.

На основі отриманих даних було створено базу правил.

4. Umoren, U.E., Okoronkwo, G.O., Ogbonnaya, A.E. and Chiagunye, T.T., 2023. Mathematical Modelling of a Fuzzy logic based Car parking system. *JOURNAL OF INVENTIVE ENGINEERING AND TECHNOLOGY (JIET)*, 4(1), pp. 19–28.
5. Elomiya, A., Krupka, J. and Jovicic, S., 2023. A Smart Parking System Using Surveillance Cameras and Fuzzy Logic: A Case Study at Pardubice University's Campus. *Procedia Computer Science*, 225, pp. 4881–4890.
6. Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S. and Bagloee, S.A., 2019. Applications of artificial intelligence in transport: An overview. *Sustainability*, 11(1), p. 189.
7. Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E.T. and Karampatzakis, D., 2020. Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, 12(7), p. 2789.
8. Sarker, I.H., 2022. Ai-based modeling: Techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. *SN Computer Science*, 3(2), p.158. <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01043-x>
9. V. Levkivskiyi, D. Marchuk, N. Lobanchykova et al., 2022. Available parking places recognition system. *CEUR Workshop Proceedings 4th Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering Volume*, № 3077. P. 123–134
10. Levkivskiyi, V.L., Marchuk, G.V., Cyporenko, V.V. & Marchuk, D.K. 2021, Kompiuterna programa Algoritmichno-programne zabezpechennja obrobky ta analizu potoku kadriv videodanyh, shho nadkhodiat z kamer mista, [Online], available at: <http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8019/109822.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Abraham A. Neuro fuzzy systems: State-of-the-art modeling techniques, 2001, *Connectionist Models of Neurons, Learning Processes, and Artificial Intelligence: 6th International Work-Conference on Artificial and Natural Neural Networks, IWANN 2001 Granada, Spain, June 13–15, Proceedings, Part 16*. pp. 269–276.
12. Roadway gate automatic control system with the use of fuzzy inference and computer vision technologies / O. S. Amosov et al. 2017 12 th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Siem Reap, 18–20 June 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.1109/iciea.2017.8282932> (date of access: 01.11.2023)

Marchuk D.K. ANALYSIS OF POSSIBLE OPTIONS FOR THE LOCATION OF VEHICLES IN PARKING LOTS TO DEVELOP POSSIBLE FUZZY RULES

With the growing number of vehicles and traffic congestion, smart parking is always a strategic issue. Today, parking management systems that can track available spaces have become a necessity for almost all cities and metropolitan areas. Such systems allow users to easily and quickly find free spaces and navigate their location. But parking systems on the market have both advantages and disadvantages. One of the disadvantages is the need for a specific location of cameras. Research has focused on the problem that arises from the location of video cameras located in or near parking spaces. In this regard, it is not always convenient to determine whether a parking space is occupied or free; vehicles can overlap both free and occupied parking spaces; be parked incorrectly or occupy two or more parking spaces. The purpose of this research is to create a rule base for a fuzzy inference model that will be used in a computerized system for finding free parking in a city. Since many factors affect the image coming from video cameras, the location of vehicles in parking spaces in the parking lot on the street of Heroes of the Heavenly Hundred in Zhytomyr was investigated. The article analyzes the geometric parameters of vehicles located in parking spaces. A polygon triangulation algorithm was used to display the planes of the vehicle and the parking space. For the study, we calculated the planes of the parking space and the vehicles located in these spaces. Five parking spaces are considered, two of which have vehicles. The criteria by which the availability of a parking space can be assessed are determined. An image analysis was carried out to determine the occupancy of the parking city. The software was used to determine the percentage of free or occupied spaces. Based on the data obtained, a rule base was created to be used in the algorithm for finding a free parking space.

Key words: fuzzy logic, rule base, model, triangulation, geometric properties, parking space, vehicle.