

**Говоровський С.В.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Базалій М.Ю.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РОЗМІЩЕННЯ ТОВАРНИХ ПОЗИЦІЙ НА СКЛАДІ

*Розумні системи стають все дедалі популярними завдяки можливостям і ефективності використання. Вони дозволяють економити час, гроші та інші ресурси. Тобто, такі системи є значно ефективнішими за їх звичайні аналоги. Існує безліч завдань в різних галузях, де необхідне практичне вирішення з використанням інтелектуальних систем та машинного навчання. Це такі галузі як економіка, логістика, робототехніка. Розумні системи – це ключ до вирішення питань аналізу та обробки великих даних, вирішення задач різної складності за допомогою нейронних мереж та машинного навчання. Машинне навчання і штучний інтелект за останні кілька років стали дуже гарячими темами. В тих чи інших варіантах вони сьогодні є частиною величезної кількості продуктів, і мало хто не замислюється над їхнім запровадженням.*

*У статті описано роботу інтелектуальної системи розміщення товарних позицій на складі за допомогою нейронних мереж. Окрім того, буде розглянуто принцип роботи нейронної мережі та алгоритм, за допомогою якого можна навчити мережу влучно підбирати найбільш правильне місце на складі. Буде проведено аналіз можливих помилок роботи нейронної мережі та шляхи їх обробки і усунення. Буде розглянуто стек технологій, завдяки якому інтелектуальну систему можна реалізувати. Буде повністю оглянуто майбутню архітектуру проекту. Також, буде приділено увагу методам передачі даних між модулями системи, за допомогою яких буде можливим обмін важливою інформацією. Окрім того, буде описано процес навчання інтелектуальної системи розміщення товарних позицій на складі. Систему буде протестовано на коректність та правильність роботи, виконано перевірку на наявність помилок та недоліків. Загалом стаття має дати розгорнуту відповідь на питання доцільності використання нейронної мережі саме в такому випадку.*

**Ключові слова:** нейронна мережа, нейрон, машинне навчання, інтелектуальна система, доповнена реальність.

**Постановка проблеми.** У світі дедалі більше розвивається сфера споживання. Кожного дня мільйони людей купують, передають і доставляють мільйони товарів. Ключовою ланкою в кожному з механізмів доставки товару до кінцевого користувача є місце, де цей товар якийсь час зберігається, тобто склад. Без складування не може відбуватися жодний логістичний процес, адже об'єкти перевезення потрібно тимчасово десь розміщувати та відвантажувати, для подальшої доставки до клієнта. Також за допомогою спеціалізованих складів дозволяється зберігати різну продукцію впродовж довгого терміну. Одним із основних етапів у роботі складів є процеси розвантаження і переміщення товару. Основною проблемою в роботі складу є правильне розміщення товарних позицій на полицях та в місцях, відведених для цього. Від ефективності використання площі залежить загальна

місткість складу та швидкість пошуку необхідної одиниці товару в ньому [3, с. 121].

Для вирішення цієї проблеми можна використовувати нейронну мережу, яка досконало знатиме інформацію про територію складу та в автоматичному режимі вирішуватиме, яке місце якнайкраще підходить для розміщення тієї чи іншої одиниці товару. Окрім того, вона матиме дані про затребуваність товару, відповідно алгоритм дозволить розмістити товар таким чином, щоб його можна було легко знайти і відвантажити.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Після аналізу ринку систем управління складом, було виявлено низку компаній, які проводять дослідження і розробки програмного та апаратного забезпечення у цій сфері.

Наприклад, компанія "SickSensorIntelligence" проводить розробку системи, яка дозволяє отримувати

основні параметри товарної одиниці, такі як довжину, ширину, висоту, обсяг. Особливість заключається у тому, що товар просто рухається по транспортувальному конвеєру і проїжджає без зупинки крізь рамку, яка автоматично проводить вимірювання згаданих вище параметрів. Це дозволяє миттєво отримувати габарити товару.

Також компанія із США “Infoplus Commerce” проводить розробку однойменного продукту, який дозволяє відслідковувати товар всередині складу, сканувати та змінювати дані про нього з мобільних девайсів, показувати зведену інформацію про стан та завантаженість.

Іншим достатньо зручним і функціональним аналогом цільової програми є система “Glaucus Maven”. Як і “Infoplus Commerce”, яка дозволяє відслідковувати всю інформацію по роботі складу. Окрім того, з переваг цієї системи є те, що вона орієнтована на хмару, і всі дані зберігаються на серверах Amazon, тому доступ до інформації можна отримати з будь-якої точки світу. До того ж, є можливість встановлення додатку на мобільні пристрої. Однак, у всіх наведених вище системах немає функціоналу для автоматичного визначення оптимального місця зберігання товару.

**Постановка завдання.** Інтелектуальна система розміщення товарних позицій на складі складатиметься з веб-додатка, який буде оброблювати інформацію про товар, що надходить на склад та виводитиме оптимальну локацію для його розміщення. Основна задача нейромережі – правильне визначення локації з урахуванням розмірів та частоти затребуваності товару. Окрім того, створити можливість сканувати працівником одиницю товару за допомогою смартфона та AR-кіту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нейронна мережа є послідовністю пов'язаних нейронів. Нейрони – одиниці, які отримують і передають інформацію. Самі по собі вони не відіграють важливої ролі: нейрони мають значення тільки в вибудованих із них ланцюгах. До нейрона надходять вхідні сигнали, кожному з яких присвоєно певне значення [6, с. 42]. Сигнал множить на свою значимість, значення підсумовуються, і виходить єдине число, яке отримує активаційна функція. На виході вона приймає рішення, чи транслювати сигнал далі.

Щоб відобразити суть біологічних нейронних систем, визначення штучного нейрона дається наступним чином:

– Він отримує вхідні сигнали (вихідні дані або вихідні сигнали інших нейронів нейронної мережі) через кілька вхідних каналів. Кожен вхідний сигнал проходить через з'єднання, що має певну інтен-

сивність (або значимість); ця значимість відповідає синаптичній активності біологічного нейрона. З кожним нейроном пов'язане значне порогове значення. Обчислюється зважена сума входів, з неї віднімається граничне значення і в результаті виходить величина активації нейрона (вона також називається пост-синаптичним потенціалом нейрона – PSP).

– Сигнал активації перетворюється за допомогою функції активації (або передавальної функції), і в результаті виходить вихідний сигнал нейрона [1, с. 56].

Якщо при цьому використовувати ступінчасту функцію активації (тобто, вихід нейрона дорівнює нулю, якщо вхід негативний, і одиниці, якщо вхід нульовий або позитивний), то такий нейрон буде працювати точно так само, як описаний вище природний нейрон (відняти порогове значення зі зваженої суми і порівняти результат з нулем – це те ж саме, що порівняти зважену суму з граничним значенням). Насправді, порогові функції рідко використовуються в штучних нейронних мережах. Значення можуть бути негативними. Це означає, що синапс надає на нейрон не рушійний, а гальмівний вплив.

Це був опис окремого нейрона. Тепер виникає питання: як поєднувати нейрони один з одним? Якщо мережу передбачається для чогось використовувати, то у неї повинні бути входи (що приймають значення цікавлять нас змінних із зовнішнього світу) і виходи (прогнози або керуючі сигнали). Входи і виходи відповідають сенсорним і руховим нервам - наприклад, відповідно, йде від очей і в руки. Крім цього, в мережі може бути ще багато проміжних (прихованих) нейронів, що виконують внутрішні функції. Вхідні, приховані і вихідні нейрони повинні бути пов'язані між собою.

Ключове питання тут – зворотний зв'язок. Найпростіша мережа має структуру прямої передачі сигналу: сигнали проходять від входів через приховані елементи і в кінці кінців приходять на вихідні елементи. Така структура має стійку поведінку. Якщо ж мережа рекурентна (тобто містить зв'язку, провідні назад від більш далеких до більш ближнім нейронам), то вона може бути нестійкою і мати дуже складну динаміку поведінки [4, с. 35]. Рекурентні мережі становлять великий інтерес для дослідників в області нейронних мереж, однак при вирішенні практичних завдань досі найбільш корисними виявилися структури прямої передачі.

У процесі навчання мережа в певному порядку переглядає навчальну вибірку. Порядок перегляду може бути послідовним, випадковим і так далі. Деякі мережі переглядають вибірку тільки один раз. Інші, а також мережі, які навчаються з учителем, перегля-

дають вибірку безліч разів, при цьому один повний прохід по вибірці називається епохою навчання. При навчанні з учителем набір вихідних даних ділять на дві частини: власне навчальну вибірку і тестові дані; принцип поділу може бути довільним. Навчальні дані подаються мережі для навчання, а перевіірочні використовуються для розрахунку помилки мережі (перевіірочні дані ніколи для навчання мережі не застосовуються). Таким чином, якщо на перевіірочних даних помилка зменшується, то мережа дійсно виконує узагальнення. Якщо помилка на навчальних даних продовжує зменшуватися, а помилка на тестових даних збільшується, значить, мережа перестала виконувати узагальнення і просто «запам'ятовує» навчальні дані [5, с. 79]. Це явище називається перенавчанням мережі, або оверфітінгом. У таких випадках навчання зазвичай припиняють. У процесі навчання можуть проявитися інші проблеми, такі як параліч або потрапляння мережі в локальний мінімум поверхні помилок. Неможливо заздалегідь передбачити прояв тієї чи іншої проблеми, так само як і дати однозначні рекомендації щодо їх вирішення.

Все вище сказане відноситься тільки до ітераційних алгоритмів пошуку нейромережових рішень. Для них є можна нічого гарантувати і не можна повністю автоматизувати навчання нейронних мереж. Однак, поряд з ітераційними алгоритмами навчання, існують не ітераційні алгоритми, що володіють дуже високою стійкістю і дозволяють повністю автоматизувати процес навчання [2, с. 226].

У випадку з розробкою системи для складування товарів, навчання нейронної мережі буде відбуватися з певним набором тестових даних на певній моделі тестового складу. Тобто, мережа в автоматичному режимі буде шукати оптимальне, за її алгоритмами, місце та порівнювати його з тестовими даними до тієї пори, поки співпадінь не буде більше 85%. Окрім того, таких ітерацій повинно бути декілька. Тобто тестових моделей складів і готових даних по розміщенню тестових товарів. Це необхідно для уникнення помилкового (неправильного) навчання системи. Мається на увазі, що нейромережа може «завчити» правильне розміщення і після зміни вхідних даних влучність вибору буде мінімальна.

Система створена у вигляді веб-додатку. Це дозволяє зробити її кросплатформенною і зручною у використанні на будь-якому пристрої, в тому числі мобільному. Щодо стеку технологій, за допомогою якого реалізована інтелектуальна система, то він базується на мові програмування C#. Тобто розроблено та написано нейро-модуль, який обмінюється даними з веб-додатком, створеним за допомогою

технології ASP.NET [4, с. 19]. Архітектура системи схематично наведена на рис. 1.

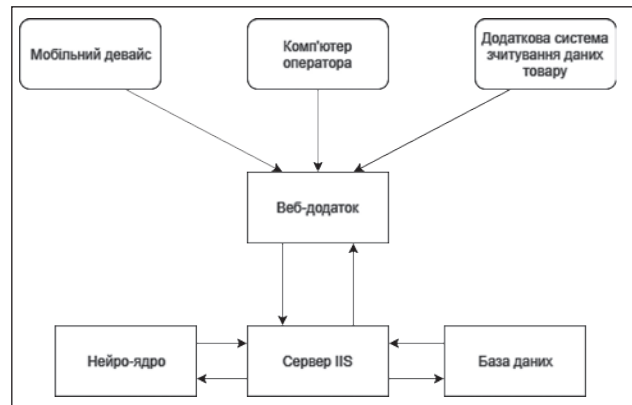


Рис. 1. Архітектура додатку

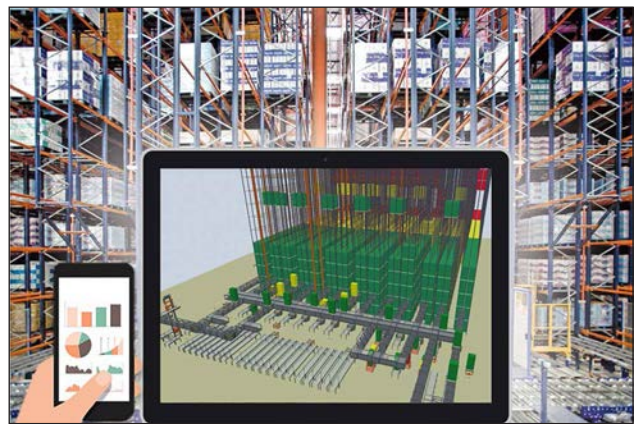


Рис. 2. Приклад роботи додатку

У веб-додаток додано автоматичний вимірювач розмірів товару, що надходить на склад. Відповідно ці дані відразу будуть відправлятися нейромережі, і користувач (працівник) відразу зможе отримати інформацію про оптимальне розміщення. Виміри проводяться за допомогою звичайної камери смартфона, за допомогою технології доповненої реальності AR. Камера аналізує навколишній простір, співставляє ці дані з даними гіроскопа, вбудованого у смартфон, про нахил та може з майже стовідсотковою точністю визначити фізичні розміри предмета [7, с. 129]. Приклад вимірювання показаний на рис. 3.



Рис. 3. Вимірювання об'єму та габаритів



Завершальним етапом створення системи стало вивчення і тестування нейромережі. Після реалізації тестових моделей різних складів та товарів, вдалося досягнути 95 відсоткової ефективності визначення правильного місця для товару. Графічне зображення роботи нейронної мережі показано на рис. 4.

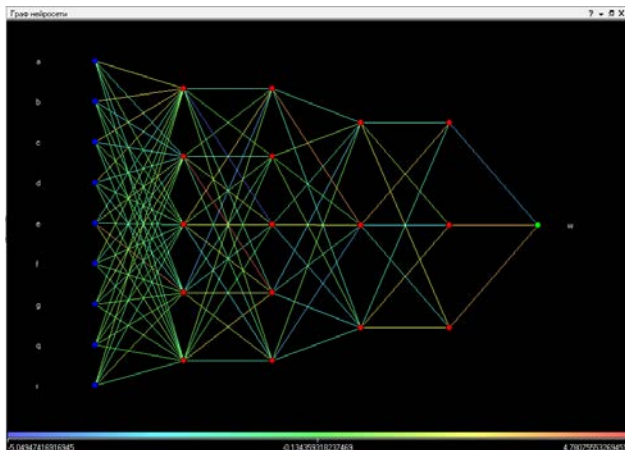


Рис. 4. Зображення роботи нейромережі

**Висновки.** Створення нейромережі для проблеми правильного розміщення товарних позицій на складі – це задача, що вимагає поглибленого вивчення галузі, аналізу технічних і математичних можливостей, вміння і навичок у виборі і обробці експериментальних даних. Крім того, необхідні

глибокі знання у галузі програмування, геометрії та інших сферах науки.

Використання нейронних мереж у розробці системи дозволяє прискорити процес обробки даних, отримувати точніші результати обрахунків. Крім того, нейромережа має властивість самонавчатися. Це означає, що у процесі користування системою результат обробки інформації буде ще точніший. Штучний інтелект дає змогу структурувати помилкові дані та похибки.

У результаті експерименту, що наведений у цій статті, можна побачити, що вдалося досягнути досить гарного результату. Імовірність правильного визначення локації для нової одиниці на складі складає близько 95%. Крім того, алгоритм можна вдосконалити за допомогою збільшення кількості вхідних даних, тестових даних та збільшивши кількість випробувань.

Інтелектуальна система може використовуватись переважно на великих складах, де важко вести облік наявних позицій товару та місця, де цей товар знаходиться. Крім того, система є універсальною. Тобто, потрібні тільки вхідні дані про схему приміщення та місця, де можна складувати одиниці. За допомогою такої системи логістика буде відбуватися швидше та дешевше, відповідно це відобразиться на остаточній ціні товару для споживача.

#### Список літератури:

1. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. Изд-во Вильямс. 2002. 287 с.
2. Кальченко Д.А. Нейронные сети на пороге будущего. КомпьютПресс, 2005. 369 с.
3. Warehouse Management – James Larminie, John Lowry, 11 Jul. 2012. 344 с.
4. ASP.NET Programming with C# & SQL Server. Don Gosselin, Cengage Learning, 27 Jul. 2009. 704 с.
5. Stephen I Gallant. Neural network learning and expert systems. MIT Press, 1993. 85с.
6. Kevin L Priddy. Artificial neural networks: an introduction. SPIE Press, 2005. 91с.
7. Alan B. Craig. Understanding Augmented Reality : Concepts and Applications. Elsevier Inc. 2013. 271 с.

#### **Hovorovskyi S.V., Bazalii M.Yu. INTELLIGENT SYSTEM OF PLACING ITEM POSITIONS IN A WAREHOUSE**

*Nowadays, smart systems are becoming more and more popular due to their capabilities and efficiency. They save time, money and other resources. It means, that such systems are much more efficient than their normal counterparts. There are many challenges in various fields that require practical solutions using intelligent systems and machine learning. These are industries such as economics, logistics, robotics, etc. Smart systems are the key to solving big data analysis and processing issues, solving problems of varying complexity using neural networks and machine learning.*

*Machine learning and artificial intelligence have become very hot topics over the last few years. In one way or another, they are now part of a huge number of products, and not so many people think about implementing them. This article describes the work of an intelligent system of placing items positions in a warehouse using neural networks. In addition, the principle of neural network operation and the algorithm by which the network can be trained to select the most correct place in the warehouse will be considered. Possible errors of the neural network operation and ways of their processing and elimination will be analyzed. It will also look at a stack of technologies to help implement an intelligent system.*

*The future architecture of the project will be fully explored. Also, attention will be paid to the methods of data transfer between the modules of the system, through which the exchange of important information will be possible. In addition, the process of learning the intelligent system of placing inventory in the warehouse will be described. After learning this system, it will be tested for correctness and correctness of work, will be checked for errors and defects. In general, the article should give a detailed answer to the question of the feasibility of using a neural network in this case.*

**Key words:** *neural networks, machine learning, neuron, intelligent system, augmented reality.*