

УДК 004.7:519

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.3>

АКТУАЛЬНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ

Лемешко А. В. – доктор філософії,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0001-8003-3168

Антоненко А. В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

Балвак А. А. – аспірант кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0002-6441-8225

Новіченко Є. О. – магістр кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0002-4354-4513

У статті розглядається робота, яка ґрунтується на досвіді Логістичного центру «Калінівка» ТОВ «Епіцентр К», з урахуванням бізнес-процесів на глобальному рівні та принципів роботи з системами управління складом (WMS), планування ресурсів підприємства (ERP) та керування двором (YMS). Підприємства недостатньо використовують у своїй діяльності логістичні підходи та концепції. Для комплексного та практичного застосування концепцій логістики, формування логістичних систем підприємств необхідними є відповідний рівень розвитку та рівень розвитку економіки суспільства в цілому. В Україні кількість підприємств, що працює на основі концепцій логістики є невеликою. Переважно це підприємства з іноземними інвестиціями, які мають окремі відділи логістики та добре сформовану логістичну систему. Враховуючи те, що метою створення логістичної системи є гармонізація інтересів виробників, постачальників і споживачів, то її основними напрямками є: удосконалення параметрів вхідних потоків ресурсів на основі покращення зв'язків з постачальниками; удосконалення внутрішніх потоків, тобто результатів і погодженості дій підрозділів підприємства; удосконалення зв'язків з споживачами, забезпечення найбільш точної відповідності вихідних потоків товарів та послуг з їх вимогами. Доводиться констатувати, що в умовах мінливості ринку та недостатньої напрацьованих науковцями систем ефективного управління логістичною діяльністю, формування логістичної системи часто відбувається спонтанно та неефективно. Організація прибуткового бізнесу неможлива без належного зберігання товарів у спеціально відведеному місці. Таке приміщення повинно бути технічно обладнане та пристосоване для розподілу запасів між споживачами. Не існує універсальних правил для роботи складської системи – тільки індивідуальний підхід з урахуванням низки супутніх факторів зробить склад рентабельним і забезпечить його стабільну ефективну роботу.

Ключові слова: системи управління складом, планування ресурсів, логістичні центри, ERP, WMS, YMS.

Lemeshko A. V., Antonenko A. V., Balyak A. A., Novichenko Ye. O. Current principles of creating information processing algorithms for logistics centers

The article examines the work based on the experience of the Logistics Center "Kalynivka" LLC "Epicenter K", taking into account business processes at the global level and the principles of working with warehouse management systems (WMS), enterprise resource planning

(ERP) and yard management (YMS). Enterprises do not sufficiently use logistic approaches and concepts in their activities. For the complex and practical application of logistics concepts, the formation of logistics systems of enterprises, the corresponding level of development and the level of development of the economy of society as a whole are necessary. In Ukraine, the number of enterprises operating on the basis of logistics concepts is small. These are mostly enterprises with foreign investments, which have separate logistics departments and a well-formed logistics system. Given that the purpose of creating a logistics system is to harmonize the interests of producers, suppliers and consumers, its main directions are: improving the parameters of incoming resource flows based on improving relations with suppliers; improvement of internal flows, i.e. results and coordination of actions of the company's divisions; improving relations with consumers, ensuring the most accurate correspondence of outgoing flows of goods and services with their requirements. It must be stated that in conditions of market volatility and insufficient systems of efficient management of logistics activity developed by scientists, the formation of the logistics system often occurs spontaneously and inefficiently. The organization of a profitable business is impossible without proper storage of goods in a specially designated place. Such premises must be technically equipped and adapted for the distribution of stocks between consumers. There are no universal rules for the operation of the warehouse system — only an individual approach, taking into account a number of related factors, will make the warehouse profitable and ensure its stable and efficient operation.

Key words: warehouse management systems, resource planning, logistics centers, ERP, WMS, YMS.

Логістичний центр «Калинівка» в Київській області площею 100 тис. кв. м централізовано забезпечує 75% поставок товарів у торговельні центри мереж Епіцентр та Нова Лінія. На території працює декілька великих складів на яких обробляється та зберігається дуже велику кількість товарів різних габаритних розмірів. Також функціонує конвеєрна лінія, яка дозволяє швидко та правильно збирати замовлення, виконує спуск та підйом вантажів. Це дозволило значно спростити роботу персоналу. Постійно реконструюються та розширюються складські площі, доробляється програмне забезпечення, проводяться навчання, атестації та наймаються працівники [1–4].

Кожна частинка ланцюгів постачання перевіряється, щоб знайти всі можливості для оптимізації. Усі постачальники несуть відповідальність за велику кількість різних товарів, які виробляються в різних місцях і доставляються в різні пункти призначення. Тому кожен постачальник використовує певні хаби у своїх ланцюгах постачання. В логістичних центрах різні товари приймаються, іноді зберігаються, сортуються та відправляються на маркети на продаж. Товари доставляються вантажівками та залізничним транспортом, а доставка в торговельні центри відбувається тільки вантажними автомобілями [5–10].

Постановка проблеми. Через глобалізацію та жорстку конкуренцію попит на нові логістичні рішення щодня зростає, вимагаючи швидших і дешевших способів доставки товарів по всьому світу. Щоб задовольнити цей попит, глобальні постачальники повинні продовжувати вдосконалювати свої операції для збільшення швидкості доставки та зниження вартості зберігання товарів та сировини на складах [11–14]. Для досягнення цілей проводяться розрахунки й впроваджуються рішення на всіх ланках від економії палива до збільшення швидкості конвеєрних ліній.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження оптимізації руху товарів на складі, а також формування механізму обчислення виконаних завдань за рахунок впровадження сучасного програмного забезпечення та технологій.

Об'єкт дослідження: існуючі моделі переміщення товарів в межах логістичних хабів.

Предмет дослідження сукупність елементів, процесів, зв'язків, відношень в сфері логістичної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для оцінки функціонування складу розраховуються показники ефективності. Найважливіші це кількості отриманих та виконаних замовлень за годину, час виконання завдань. Кількість переміщуваних товарів навантажувачами за годину. Також оцінюють ефективність використання навантажувачів, складських площ, наскільки правильно з точки зору ефективності були згенеровані завдання для комплектувальників по збору товарів [15–19].

Кількість виконаних завдань за годину є відношенням сумарної кількості виконаних завдань до часу:

$$\dot{n}_{\text{performed}} = \frac{n_{\text{performed}}}{T_{\text{elapsed}}}$$

де $n_{\text{performed}}$ – кількість виконаних завдань за годину, $n_{\text{performed}}$ – сумарна кількість виконаних завдань, T_{elapsed} – загальний час, що минув у годинах.

Ключовою метою є ефективне використання навантажувачів завдяки скороченню часу простою. Часом простою вважаються стоянки та рухи, яких можна було б уникнути, якби були б впровадженні більш оптимальні рішення [20].

Ключовою метою є ефективне використання навантажувачів завдяки скороченню часу простою [1–4]. Часом простою вважаються стоянки та рухи, яких можна було б уникнути, якби були б впровадженні більш оптимальні рішення:

$$T_{\text{idle},i} = T_{\text{op},i} - T_{\text{work},i}$$

де $T_{\text{idle},i}$ – час бездіяльності навантажувача i , $T_{\text{work},i}$ – час роботи навантажувача i , $T_{\text{op},i}$ – загальний час використання навантажувача i . Оскільки заміна батареї є невід'ємною операцією під час роботи, тому час необхідний для цього включений у $T_{\text{work},i}$.

Ефективність логістичних систем досліджували багато вчених-економістів. До найбільш відомих належать праці О.А. Біловодської, О.П. Величка, А.М. Гаджинського, З.В. Герасимчука, Л.В. Забуранної, М.А. Окландера, Ю.В. Пономарьової, Є.В. Крикавського, І.І. Савенка, О.В. Мороз, Н.М. Тюріної, Л.В. Фролової, О.В. Хаджинової, Н.І. Чухрай, Л.Ю. Шевців та інших [13–24].

Виклад основного матеріалу. Ланцюги постачання мають склади в тій чи іншій формі. Для забезпечення функціонування яких необхідні працівники, обладнання для зберігання та обробки товарів й автоматизовані системи управління [1, 3].

Навантажувачі здебільшого здійснюють переміщення товарів на палетах на місця зберігання або вивозять товари з місць зберігання, тобто вони їздять порожніми принаймні половину часу. Це одиничні цикли. Коли навантажувачі отримують транспортні доручення відвезти товари на зберігання й привозять палети з місць зберігання, то це називається виконанням подвійних циклів [2–4].

Використовуючи показники продуктивності, можна порівняти різні варіанти організації складу та знайти найкраще для бізнесу рішення.

Рішення приймаються на рівнях від керівників, котрі ставлять цілі компанії які прагнуть досягнути в майбутньому до операторів, які часто мають можливості вирішувати, як виконувати базові складські операції. Ці рішення можна розділити на три рівні: стратегічні, тактичні й операційні.

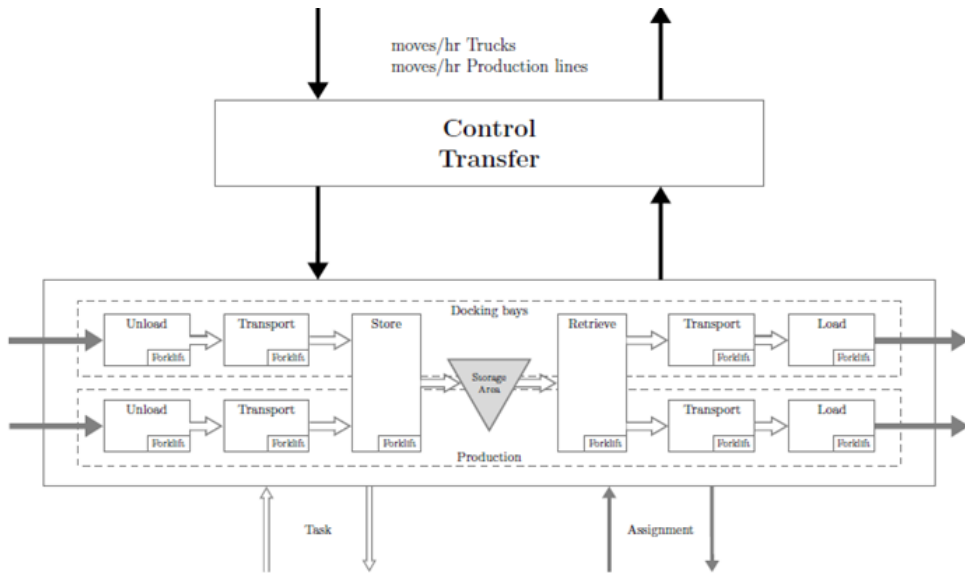


Рис. 1. Структурна схема руху товарів на складі

Стратегічні рішення приймаються вищим керівництвом підприємства й базуються на поточній діяльності та її ефективності. Прийняті рішення на цьому рівні являються основою для дій й впливають на діяльність компанії. Правильно провівши аналітичну роботу можна встановити корпоративні цілі, які дозволять ефективно працювати підприємству випереджаючи конкурентів. Це можуть бути дії для підвищення ефективності та якості послуг, які надаються складами. Топ менеджмент вирішує чи продовжувати використовувати наявні ресурси або має сенс закупити нове обладнання й змінити програмне забезпечення управління складами.

Тактичні рішення приймаються керівниками середньої ланки й передбачають зміни в процесах виконання операцій. Це може бути перегляд та зміна існуючих процесів, щоб усунути операції, що є надлишковими й не додають цінності. Правильно прийняті тактичні рішення дозволяють змінити пропускну здатність наявних систем з мінімальними капіталовкладеннями. Ці рішення спрямовані на досягнення бачення та цілей, визначених стратегією компанії. На тактичному рівні рішення відповідають на питання: «Як ми використовуємо свої ресурси?» оскільки це впливає на повсякденну роботу складу.

Операційні рішення приймаються на короткий термін і спрямовані на вплив на поточні прибутки й витрати. Ідея таких рішень полягає в тому, щоб оптимізувати процес, мінімізувати витрати та працювати якомога швидше та ефективніше. Операційні рішення допомагають досягати тактичних цілей і повинні давати можливість відповісти на питання: «Що я маю робити, коли відбувається певна подія?». На складах операційні рішення стосуються виконання повсякденних операцій, наприклад, як оптимально розмістити товари на палетах для відвантажень або як діяти у випадках короткострокових збоїв у системах управління.

На працюючих складах кількість і вид ресурсів вже обрані, рішення на стратегічному рівні прийняті й впроваджені. Для підвищення ефективності та рівня обслуговування клієнтів важливо приймати правильні рішення на тактичному

рівні. Ці рішення включають розподіл місць для зберігання товарів й оптимальне використання навантажувачів для виконання складських завдань. Таким чином, система підтримки прийняття рішень, яка буде розроблена, повинна враховувати різні тактичні політики та показувати їх вплив на операційну продуктивність [6–7].

Типовий склад розділяється на зони в яких зберігаються різні типи продуктів. Для кожного окремого продукту застосовуються окремі правила, тому й для кожної зони необхідно налаштувати відповідні політики призначення місць зберігання товарів. Програмний продукт, який буде розроблений також повинен буде дозволяти менеджеру переглядати вплив політик на операційну продуктивність, допомагаючи приймати оптимальні рішення [10].

Для імітації роботи цілого процесу або системи протягом певного періоду використовуються різні методи моделювання. Для виконання моделювання вибрану фізичну або абстрактну систему потрібно спочатку описати як набір певних характеристик й функцій. Різниця між моделлю та імітацією полягає в тому, що модель представляє структуру, тоді як імітація представляє її поведінку [9]. Моделювання реальної чи гіпотетичної ситуації дозволяє її вивчити для отримання розуміння роботи системи. Є можливість внесення змін для прогнозування поведінки системи. Тобто моделювання є інструментом, який дозволяє дослідникам віртуально досліджувати поведінку системи. Використовуються різні методи моделювання, а саме: метод Монте-Карло, безперервне моделювання, дискретно-подійне моделювання, гібридне моделювання, що є поєднанням характеристик як безперервного моделювання, так і моделювання дискретних подій.

В дисертаційному дослідженні моделювання буде використано на стратегічному, тактичному та операційному рівнях прийняття рішень. Будуть використані всі зазначені методи моделювання й порівнянні результати. Я очікую, що це дасть можливість показати наслідки рішень на високих рівнях на продуктивність роботи виконавців. Перевагою моделювання є те, що воно здатне стохастично (випадково) запропонувати різні сценарії руху товарів на складах, як насправді постійно відбувається на об'єктах, де товари не доставляються та не відвантажуються в фіксованих кількостях протягом конкретного періоду [11–14].

Модель, яка буде використана, допоможе проаналізувати всі переміщення товарів на палетах на складі враховуючи попит та пропозицію різних клієнтів. Це буде досягнуто шляхом моделювання переміщень навантажувачів й буде враховано операції комплектування товарів та розміщення палет [8–10]. Модель можна буде використовувати для аналізу роботи будь-якого складу з будь-якою кількістю та типом навантажувачів.

Перед написанням коду буде розроблена концептуальна модель з детальним описом процесів, блок-схемами й діаграмами. Основні елементи моделі – це навантажувач, палета, зона й ряд зберігання товарів на стелажах, зона приймання, розподілу та відвантаження товарів тощо. Будуть враховані характеристики кожного елементу, наприклад, для навантажувача це габаритні розміри, максимальна вага, яку може підняти, час використання акумуляторів.

Результати моделювання будуть наведені на графіках, які покажуть відсоток відпрацьованого часу, кількість нерозподілених завдань на складі та кількість працюючих навантажувачів. Також програма зможе створювати анімовані карти складу для легкості сприйняття даних. Наприклад, навантажувачі будуть зображені трьома різними кольорами: синій колір – навантажувач очікує на завдання, жовтий – порожній, зелений – рухається з товаром. Це дозволить визначати зони з невеликим навантаженням, перевантажені зони й вносити відповідні корективи.

Висновки. У майбутньому буде створено програмний продукт з перспективою завантаження вхідних даних шаблонами в Excel форматі, із можливістю внесення та редагування через інтерфейс. Це рішення буде реалізовано на мові програмування PL/SQL, як окремий програмний продукт або як додаткові модулі в існуючій системі управління складом. Результати дійсно будуть переконливими й після впровадження доробок вдасться досягнути значної економії ресурсів завдяки зменшенню кількості складських працівників. Також впровадженні рішення дозволять знизити кількість навантажувачів та зменшити складські площі при збереженні обсягів товарів, які обробляються на складах. Або на існуючих складських об'єктах можна буде досягнути суттєвого збільшення кількостей та асортиментів товарів, які обробляються складами. Показавши перспективні, вигідні варіанти моделей, з'являться шанси зацікавити бізнес й провести розрахунки для реальних складів великих компаній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика: начальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 224 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем. Київ : Видавнича група BHV, 2005. 352 с.
3. Бишевец Н.Г. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS Excel. Київ, 2021. 234 с.
4. Алькема В.Г., Сумець О.М. Логістика. Теорія та практика: навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Професіонал», 2008. 272 с.
5. Авед С.А. 2013. Порівняльний аналіз алгоритмів роботи протоколу TCP в самоподібному трафіку. *Journal of Communications and Network*, 92.
6. Ke Xu Hongying Liu, Jiangchuan Liu, Jixiu Zhang, "LBMP: A Logarithm-Barrier-Based Multipath Protocol for Internet Traffic Management", *IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS*, VOL. 22, NO. 3, MARCH 2011.
7. Даррелл М.В., 2014. Еволюція потокового відео та доставки цифрового вмісту. *Journal of Technology Innovation at Brookings*, 86.
8. Федеріко Б., 2010. Інтернет у розробці майбутніх систем контролю трафіку. *Internet Research Journal*, 168.
9. Shahwaiz Afaqui M. IEEE 802.11 ax: Challenges and requirements for future high efficiency WiFi / M. Shahwaiz Afaqui, E.G.Villegas, E.L. Aguilera / *IEEE Wireless Communications*. 2016. № 99. P. 2–9.
10. Банько В.Г. Логістика: навчальний посібник. Київ : КНТ, 2013. 345 с.
11. Економіка логістичних систем : монографія / М. Васелевський, І. та ін. ; за заг. ред. Є.О. Крикавського. Львів : Національний університет "Львівська політехніка", 2015. 596 с.
12. Кальченко А.Г. Логістика: підручник. Київ : КНЕУ, 2013. 85 с.
13. Зайцев, Є.О., Антоненко, А.В., Березниченко, В.О., & Закусило, С.А. (2022). Smart засоби визначення аварійних станів у розподільних електричних мережах міст. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5).
14. Tanenbaum A.S. *Computer Networks* / A.S. Tanenbaum, D.J. Wetherall. 5-th Ed. Prentice Hall, Cloth, 2011. 960 p.
15. Bellalta B. IEEE 802.11 ax: High-efficiency WLANs / Boris Bellalta / *IEEE Wireless Communications*. 2016. № 23 (1). P. 38–46

16. Barrachina-Munoz S. Wireless Network Simulator for Next-Generation High-Density WLANs / Sergio Barrachina-Munoz, Francesc Wilhelmi, Ioannis Selinis, Boris Bellalta // IEEE 2019 Wireless Days (WD). 2019. P. 1–8.

17. Ткаченко О.М. Оцінка працездатності каналу зв'язку / О.М. Ткаченко, Г.О. Гринкевич, Н.Л. Перепелиця, Б.В. Цімура, А.О. Яворський // Наукові записки УНДІЗ. 2016. № 3 (43). С. 30–36.

18. Sure P. A survey on OFDM channel estimation techniques based on denoising strategies / P. Sure, C.M. Bhuma / Eng. Sci. Technol. Int. J. V.20. № 2, 2017. P. 629–636.

19. Sur S. Practical MU-MIMO user selection on 802.11ac commodity networks / S. Sur, I. Pefkianakis, X. Zhang, K. Kim, H. Kim // Proc. ACM MobiCom. 2016. P. 122–134.

20. Zhuang Y. Autonomous smartphone-based Wi-Fi positioning system by using access points localization and crowdsourcing / Y. Zhuang, Z. Syed, J. Georgy, N. El-Sheimy / Pervasive and Mobile Computing. V. 18. 2015. P. 118–136.

21. Kulkarni P. Taming the densification challenge in next generation wireless LANs: An investigation into the use of dynamic sensitivity control / Parag Kulkarni, Fengming Cao // Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2015 IEEE 11th International Conference on. 2015. P. 860–867.

22. Shen Z. Research and Performance Evaluation of Spatial Reuse Technology for Next Generation WLAN / Zhao Shen, Bo Li, Mao Yang, Zhongjiang Yan, Xiaobo Li, Yi Jin // International Wireless Internet Conference. 2019. P. 41–51.

23. Lei Song, Biswanath Mukherjee. On the Study of Multiple Backups and Primary-Backup Link Sharing for Dynamic Service Provisioning in Survivable WDM Mesh Networks / IEEE Journal on selected areas in Telecommunication, 2008. Vol. 26, No 6. pp. 84–91.

24. Ю.А. Кулаков, А.В. Коган, В.М. Храпов, «Способ конструирования трафика при организации многопутевой маршрутизации,» Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. Вип. 65. 2017. С. 28–33.

REFERENCES:

1. Smirnov I.G., Kosareva T.V. (2008) Logística de transporte: um guia para iniciantes. Kyiv: Centro de Literatura Educacional. 224 p.

2. Tomashevskiy V.M. (2005) Modelagem de sistemas. Kyiv: BHV Publishing Group. 352 p.

3. Byshevets N.G. (2021) Teoria das probabilidades e estatística matemática usando a planilha MS Excel. Kyiv. 234 p.

4. Alkema V.G., Sumets O.M. (2008) Logística. Teoria e prática: um guia de estudos. Kyiv: Editora "Profissional". 272 p.

5. Abed S.A. (2013) Porivnialnyi analiz alhorytmiv roboty protokolu TCP v samopodibnomu trafiku. Journal of Communications and Network.

6. Ke Xu Hongying Liu, Jiangchuan Liu, Jixiu Zhang, "LBMP: A Logarithm-Barrier-Based Multipath Protocol for Internet Traffic Management", IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 22, NO. 3, MARCH 2011.

7. Darrell M.W. (2014) Evoliutsiia potokovoho video ta dostavky tsyvrovoho vmistu. Journal of Technology Innovation at Brookings, 86.

8. Federiko, B. (2010) Internet u rozrobtsi maibutnih system kontroliu trafiku. Internet Research Journal, 168.

9. Shahwaiz Afaqui M. (2016) IEEE 802.11 ax: Challenges and requirements for future high efficiency WiFi / M. Shahwaiz Afaqui, E.G.Villegas, E.L. Aguilera / IEEE Wireless Communications. № 99. P. 2–9.
 10. Banco V.G. (2013) Logística: um guia de estudo. Kyiv: KNT, 345 p.
 11. Economia dos sistemas logísticos: monografia / M. Vaselevskiy, I. et al.; no geral ed. E.O. Krykavskiy. Lviv: Universidade Nacional Politécnica de Lviv, 2015. 596 p.
 12. Kalchenko A.G. (2013) Logística: um livro didático. Kyiv: KNEU. 85 p.
 13. Zaitsev, Ye.O., Antonenko, A.V., Bereznychenko, V.O., & Zakusylo, S.A. (2022) Smart zasoby vyznachennia avariinykh staniv u rozpodilnykh elektrychnykh merezhakh mist. Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky, (5).
 14. Tanenbaum A.S. Computer Networks / A.S. Tanenbaum, D.J. Wetherall. 5-th Ed. Prentice Hall, Cloth, 2011. 960 p.
 15. Bellalta B. (2016) IEEE 802.11 ax: High-efficiency WLANs / Boris Bellalta / IEEE Wireless Communications. № 23 (1). P. 38–46.
 16. Barrachina-Munoz S. (2019) Wireless Network Simulator for Next-Generation High-Density WLANs / Sergio Barrachina-Munoz, Francesc Wilhelmi, Ioannis Selinis, Boris Bellalta // IEEE 2019 Wireless Days (WD). P. 1–8.
 17. Tkachenko O.M. (2016) Otsinka pratsezdatsnosti kanalu zviazku / O.M. Tkachenko, H.O. Hrynkevych, N.L. Perepelytsia, B.V. Tsimura, A.O. Yavorskyi // Naukovi zapysky UNDIZ. № 3 (43). P. 30–36.
 18. Sure P. (2017) A survey on OFDM channel estimation techniques based on denoising strategies / P. Sure, C.M. Bhuma / Eng. Sci. Technol. Int. J. V. 20. № 2. P. 629–636.
 19. Sur S. (2016) Practical MU-MIMO user selection on 802.11ac commodity networks / S. Sur, I. Pefkianakis, X. Zhang, K.Kim, H. Kim // Proc. ACM MobiCom. P. 122–134.
 20. Zhuang Y. (2015) Autonomous smartphone-based Wi-Fi positioning system by using access points localization and crowdsourcing / Y. Zhuang, Z. Syed, J. Georgy, N. El-Sheimy / Pervasive and Mobile Computing. V. 18. P. 118–136.
 21. Kulkarni P. (2015) Taming the densification challenge in next generation wireless LANs: An investigation into the use of dynamic sensitivity control / Parag Kulkarni, Fengming Cao // Wireless and Mobile Computing, Net-working and Communications (WiMob), 2015 IEEE 11th International Conference on. P. 860–867.
 22. Shen Z. (2019) Research and Performance Evaluation of Spatial Reuse Technology for Next Generation WLAN / Zhao Shen, Bo Li, Mao Yang, Zhongjiang Yan, Xiaobo Li, Yi Jin // International Wireless Internet Conference. P. 41–51.
 23. Lei Song (2008) Biswanath Mukherjee. On the Study of Multiple Backups and Primary-Backup Link Sharing for Dynamic Service Provisioning in Survivable WDM Mesh Networks / IEEE Journal on selected areas in Telecommunication. Vol. 26, No 6. pp. 84–91.
 24. Yu.A. Kulakov, A.V. Kohan, V.M. Khrapov (2017) «Sposob konstruyrovaniya trafyka pry orhanyzatsyy mnohoputevoi marshrutyzatsyy» Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliualna tekhnika. Vyp. 65. P. 28–33.
-