

УДК 519.816:65.064

Опубліковано 9 грудня 2021 року

МЕТОД ВИБОРУ СТАЦІОНАРНОГО RFID-ЗЧИТУВАЧІВ БАГАТЬМА КРИТЕРІЯМИ

ФІЛЬ Наталія Юріївна 

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІЛЬГЕ Ігор Генріхович 

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

УКРАЇНА

Анотація: В роботі розглядається проблема автоматизації обліку складу підприємства на основі RFID технологій. Проведено аналіз проблеми вибору RFID зчитувача для складу підприємства. Розроблено метод вибору стаціонарного RFID зчитувача для складу підприємства за багатьма функціональними та вартісними критеріями. Для забезпечення якості рішень обґрунтовані методи багатокритеріальної оцінки й оптимізації, які є більш стійкими в порівнянні з методом аналізу ієрархій, і менш трудомісткими, так як не вимагають визначення кількісних оцінок шуканих параметрів. Наведено приклад вибору стаціонарного RFID зчитувача для складу підприємства.

ВСТУП.

Пандемія COVID-19 змінила багато сфер бізнесу. Складська галузь не стала винятком. За 2020 світовий обсяг електронної комерції під впливом карантину зріс на 25,7% і це одна з причин для швидкого розвитку складської логістики [1]. На складах здійснюється цілий комплекс різноманітних послідовно виконуваних операцій пов'язаних з надходженням, зберіганням і відпуском товарів. Ці операції в сукупності і складають складський технологічний процес. Зміст і обсяг складського технологічного процесу залежать від виду складу, фізико-хімічних властивостей товарів, що зберігаються на ньому, обсягу вантажообігу й інших факторів.

Ефективність складського технологічного процесу забезпечується

не тільки його раціональною побудовою, але чітким обліком наявності товарів на складі підприємства.

Будь-яка система обліку товарів на складі повинна містити не тільки інформацію про наявність, але також інформацію про місце знаходження товарів, про всі відвантаження й одержання товарів. У той же час, багато систем на підприємствах не забезпечують прийняття правильних рішень керування запасами саме через те, що не мається точних даних про наявність товарів [2].

На даний момент найбільш розповсюджена технологія контролю складських процесів це штрих-кодів. Штрих-кодування має ряд істотних недоліків. Сканування кожного товару передбачає необхідність прямої видимості штрих-коду. Зовнішніх впливів середовища можуть істотно впливати на визначення об'єкту. Крім того, існує велика вірогідність підробки штрих-кодів. Штрих-кодування має значну похибку проти RFID рішеннями.

Принцип роботи RFID технології досить простий та надійний. На кожен об'єкт кріпиться пасивна мітка з мікрочипом [3].

RFID технологія найбільш сучасна й ефективна для відстеження ланцюжків постачання та контролю будь-яких товарів. При цьому не заперечує використання штрих-кодування для додаткового контролю, оскільки RFID зчитувачі можуть мати додатковий модуль бар-кодів. Спеціальні зчитувачі генерують електромагнітне поле. За допомогою антени в позначці цим полем заряджається конденсатор і передає інформацію, записану на мікрочипу, назад на зчитувач.

Основні переваги RFID рішень для складського обліку: висока дальність зчитування без необхідності прямої видимості; 100% точність даних (кожна мітка має свій унікальний неповторний номер); висока швидкість зчитування. Ця перевага дозволить приймати невеликі товари партіями/палетами, не розбираючи їх; можливість пошуку конкретного об'єкту; контроль приймання/відвантаження товару (можливість встановлювати зчитувачі як на входах/виходах складу, так і безпосередньо в кузовах перевізників); можливість контролювати наявність/переміщення товарів у реальному часі; можливість розробити функціонал під завдання замовника; неможливість підробити мітку.

Для автоматизації складського обліку необхідно [3]:

– на кожен об'єкт кріпиться спеціальна мітка, яка працює на частоті 866 МГц із стандартом EPC UHF Class 1 Gen2. Також додатково може

наноситися штрих-код. До унікального номера мітки (UID) прив'язується конкретний товар і цей номер вноситься до бази. До нього можна прив'язати будь-яку інформацію (найменування, дата отримання/відвантаження, компанія одержувач тощо);

– на комп'ютер встановлюється спеціальне програмне забезпечення (ПЗ). ПЗ може бути інтегровано до існуючої бази даних. ПЗ може бути як веборієнтованим так і бути окремим додатком. Спеціальне ПЗ може видавати інформацію про процеси на складі та формувати звіти за заданими параметрами;

– у необхідному місці кріпляться стаціонарні RFID зчитувачі та антени. Таке обладнання може бути розміщене по всій території складу, на точках прийому/відвантаження товару або безпосередньо в автомобілях перевізника. RFID зчитувачі можуть збирати інформацію про об'єкти складі реальному часі й у конкретних точках при перенесенні крізь них. Дальність зчитування може сягати 12-15 метрів.

Впровадження RFID технології дозволяє:

- підвищити швидкість та ефективність приймання/відвантаження та інвентаризації товару, отже заощадивши час та людину/години;
- в будь-який момент отримати об'єктивну картину наявності товару;
- мати зрозумілі та точні звіти щодо складських процесів;
- надає можливість здійснювати адресне зберігання;
- надає можливість відстежувати переміщення товару;
- надає можливість швидкого пошуку потрібного об'єкту;
- надає можливість вчасно відвантажувати товари (наприклад, при закінченні терміну придатності, ви про це дізнаєтесь);
- підвищує захищеність товару від крадіжки (завдяки неможливості підробки мітки та контроль за товарами в реальному часі).

Різноманітність товарів, величезна їх кількість та людський фактор на складі змушує використовувати сучасні технології автоматизації обліку товарів.

Проблемі автоматизації у складській діяльності підприємств присвячено багато робіт. У роботі [4] розглянуто технології створення «розумного» складу. Впровадження нових технологій у складську діяльність оптимізують простір складу та дозволяють створити єдину систему обліку матеріалів та готової продукції в організації.

В роботі [3] зазначено, що наповнення сучасного складу залежить перш за все від завдань бізнесу і планів масштабування продукту. А

логістичний бізнес потребує постійного контролю: переміщення товарів, облік, їх зберігання і т.д. Тому на сьогоднішній день сучасний склад необхідно забезпечити системами відеоспостереження, обліку/руху вантажів і кваліфікованим персоналом.

Важливим фактором ефективності логістики є автоматизація та комп'ютеризація складської роботи. При цьому системи автоматизованого складу повинні впроваджуватися тільки після використання більш простих логістичних рішень, інакше належного ефекту не буде.

В роботі [5] Проведено аналіз технічних рішень, що приймаються виробниками RFID міток та розробників відповідних стандартів, дозволив виявити основні особливості пасивних та активних міток з чипом, які повинні лежати в основі рішень при виборі елементної бази систем RFID ідентифікації.

ОСНОВНА ЧАСТИНА.

Метою дослідження є підвищення ефективності обліку товарів на складі за рахунок розробки методу вибору RFID-зчитувача, що дозволить підвищити швидкість та ефективність приймання/відвантаження та інвентаризації товару.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналіз проблеми вибору RFID зчитувача;
- розробити метод вибору RFID зчитувача за багатьма функціональними та вартісними критеріями;
- навести приклади використання розробленого методу вибору RFID зчитувача за багатьма функціональними та вартісними критеріями.

Розглянемо загальну постановку задачі вибору RFID-зчитувачів багатьма критеріями. Постановку задачі вибору RFID-зчитувача.

Відомо: множина RFID-зчитувачів $T = \{T_k\}, k = \overline{1, k'}$.

Кожний RFID-зчитувач, характеризується рядом показників:

- 1) дальність зчитування k -го RFID-зчитувача – D_k ;
- 2) кількість інтерфейсів k -го RFID-зчитувача – S_k ;
- 3) маса k -го RFID-зчитувача – V_k ;
- 4) вартість k -го RFID-зчитувача – C_k

Введемо булеву змінну $x_k = \{0;1\}$, $x_k = 1$ якщо обраний RFID-зчитувача k -го, $x_k = 0$ у протилежному випадку. Необхідно обрати RFID-зчитувач.

Критерії для вибору RFID-зчитувача можуть бути:

– максимальна дальність зчитування RFID-зчитувача:

$$D = \sum_{k=1}^{k'} D_k x_k \rightarrow \max; \quad (1)$$

– максимальна кількість інтерфейсів RFID-зчитувача:

$$S = \sum_{k=1}^{k'} S_k x_k \rightarrow \max; \quad (2)$$

– мінімальна вартість RFID-зчитувача:

$$C = \sum_{k=1}^{k'} C_k x_k \rightarrow \min. \quad (3)$$

Область припустимих рішень при виборі RFID-зчитувача визначається обмеженнями:

– дальність зчитування повинна бути не менше заданої $D_{зад}$:

$$\sum_{k=1}^{k'} D_k x_k \geq D_{зад}; \quad (4)$$

– кількість інтерфейсів не менше заданої $S_{зад}$:

$$\sum_{k=1}^{k'} S_k x_k \geq S_{зад}; \quad (5)$$

– вартість RFID-зчитувача повинна бути не більше заданої $C_{зад}$:

$$\sum_{k=1}^{k'} C_k x_k \leq C_{зад}; \quad (6)$$

– маса RFID-зчитувача повинно бути не більше заданої $V_{зад}$:

$$\sum_{k=1}^{k'} V_k x_k \leq V_{зад}; \quad (7)$$

– з множини RFID-зчитувача може бути обраний тільки один:

$$\sum_{k=1}^{k'} x_k = 1. \quad (8)$$

Розроблена модель (1) – (8) відноситься до задач багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними.

Для забезпечення якості рішень, що приймаються, при проектуванні різноманітних систем необхідно вибрати і обґрунтувати методи їх

багатокритеріальної оцінки і оптимізації [6-7]. Найбільш поширений підхід до рішення багатокритеріальної задачі – її зведення до однокритеріальної [6-7]. Основою такого підходу є теорія корисності.

Для вирішення задачі використовується функція корисності часткових критеріїв $R_f(k_f)$, $f = \overline{1, F}$, яка є універсальною і відображає особливості конкретних систем, їх цілей і критеріїв [6-7]

$$R_f(k_f) = \frac{k_f - k_f^{HG}}{k_f^{HK} - k_f^{HG}}, f = \overline{1, F}, \quad (9)$$

де k_f, k_f^{HG}, k_f^{HK} – поточне, найгірше (гранично допустиме) і найкраще значення f -го часткового критерію, що відповідають межах області його зміни (наближеній області компромісів).

Функція корисності часткових критеріїв (9) задовольняє наступним умовам: має єдиний інтервал змін $[0,1]$; є безрозмірною, інваріантною до виду екстремуму часткового критерію (*min* и *max*), тобто. найкращому значенню відповідає 1, а найгіршому – 0.

Якщо всі часткові критерії задані в ізоморфній нормалізованій формі, використовуючи функцію корисності (9), то інформація про важливість часткових критеріїв визначається безрозмірними коефіцієнтами, що враховують відносну важливість критеріїв, тобто:

$$\sum_{f=1}^F \lambda_f = 1, \text{ де } \lambda_f \in [0,1] \text{ (} j = \overline{1, F}\text{)}. \quad (10)$$

Велика група схем компромісу заснована на принципі максимальної адитивної корисності часткових критеріїв, тобто на можливості компенсації значень одних часткових критеріїв значеннями інших. Деякі функції корисності часткових критеріїв можуть набувати навіть нульових значень. В цьому випадку при відомих значеннях вагових коефіцієнтів λ_f ($j = \overline{1, F}$) часткових критеріїв і їх функцій корисності $R_f(x)$ оцінка проектних рішень $x \in X$ і вибір найкращого x^0 проводиться за узагальненим критерієм виду [6-7]:

$$W'(x^0) = \max_{x \in X} \sum_{f=1}^F \lambda_f R_f(x) \quad \left| \quad \sum_{f=1}^F \lambda_f = 1. \quad (11)$$

Метод багатокритеріальної оптимізації більш стійкий в порівнянні з методом аналізу ієрархій, і менш трудомісткий, так як не вимагає визначення кількісних оцінок шуканих параметрів [6-8].

Метод багатокритеріальної оптимізації дозволяє враховувати приховану інформацію. Особа, що приймає рішення визначає важливість критеріїв за якими проводиться вибір альтернатив. В цьому випадку особа, що приймає рішення покладається на свій досвід прийняття рішень [8].

Метод багатокритеріальної оптимізації є ефективним при розробці систем підтримки прийняття рішень при розв'язанні слабоформалізованих багатокритеріальних задач [9-10].

Розглянемо приклад вибору стаціонарного RFID-зчитувача для складу.

В якості альтернатив будемо розглянемо стаціонарні RFID-зчитувачі, які представлені на ринку України для роботи на складі.

UHF RFID зчитувачі використовують для передачі, прийому та обробки сигналів від ультрависокоочастотних пасивних RFID міток стандарту EPC Class 1 Gen 2, ISO/IEC 18000-6:2010. Найбільш поширений діапазон роботи таких зчитувачів становить від 860 до 960 МГц.

Основними перевагами використання UHF зчитувачів є висока швидкість (до 100 разів/сек) і велика дальність (близько 10 метрів) реєстрації RFID міток. Важливим плюсом є вбудована функція антиколізії, яка дає можливість одночасної реєстрації близько 300 унікальних міток.

Характеристики RFID-зчитувачів представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики RFID-зчитувачів

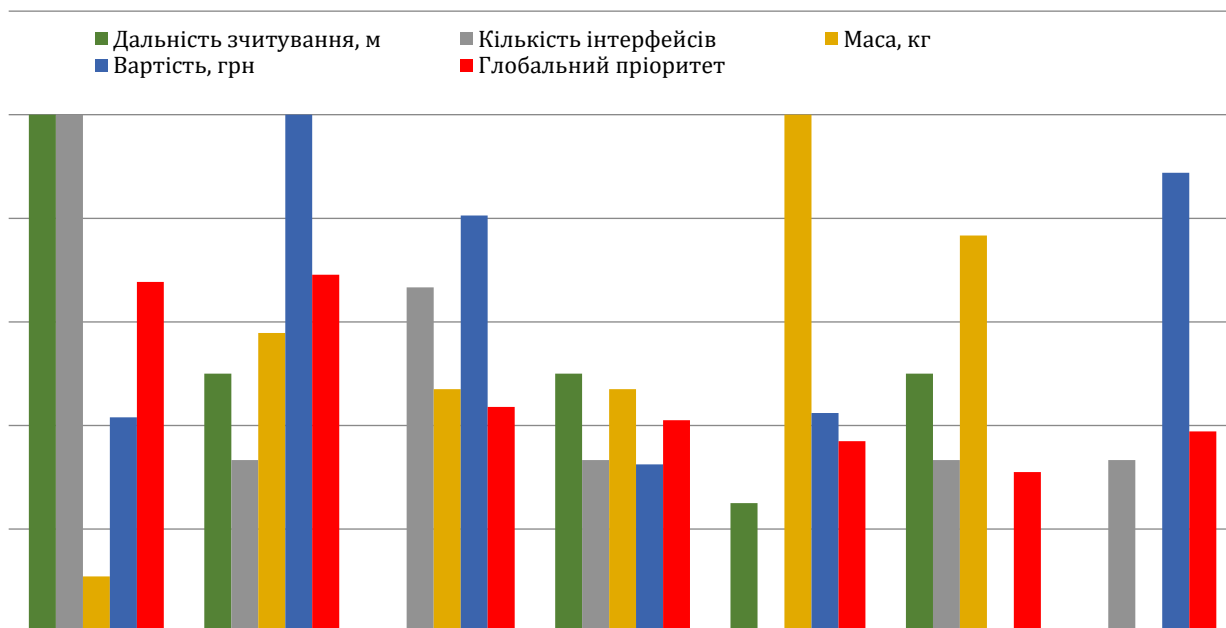
№ п/п	Модель	Дальність зчитування, м	Кількість інтерфейсів	Маса, кг	Вартість, грн
1	Kraid DG TV-6600A	12	4	2.50	21 945,00
2	Kraid DG-TV - 6319B	10	2	1.20	10276.75
3	Fresh FR-920	8	3	1.50	14162.5
4	KRT-2600	10	2	1.50	230760
5	CaenRFID Proton R4320C	9	1	0.035	21780
6	AdvanReader-150TM	10	2	0.68	30250
7	Feig ID MAX.U500i	8	2	2.8	12 512,50

Розрахунок функцій корисності та загальної оцінки RFID-зчитувачів представлено на рис. 1.

№ п/п	Модель	Дальність зчитування, м	Функція корисності	Кількість інтерфейсів	Функція корисності	Маса, кг	Функція корисності	Вартість, грн	Функція корисності	Глобальний пріоритет
1	Kraid DG TV-6600A	12	1	4	1.000	2.50	0.11	21 945.00 грн.	0.416	0.6772
2	Kraid DG-TV - 6319B	10	0.5	2	0.333	1.20	0.58	10 276.75 грн.	1.000	0.6912
3	Fresh FR-920	8	0	3	0.667	1.50	0.47	14 162.50 грн.	0.805	0.4359
4	KRT-2600	10	0.5	2	0.333	1.50	0.47	23 760.00 грн.	0.325	0.4103
5	CaenRFID Proton R4320C	9	0.25	1	0.000	0.035	1.00	21 780.00 грн.	0.424	0.3696
6	AdvanReader-150TM	10	0.5	2	0.333	0.68	0.77	30 250.00 грн.	0.000	0.3100
7	Feig ID MAX.U500i	8	0	2	0.333	2.8	0.00	12 512.50 грн.	0.888	0.3886
	Найгірше		8		1		2.80		30250.000	
	Найкраще		12		4		0.04		10276.750	
	Значущість критерію		0.4		0.1		0.1		0.4	

Рис. 1 Розрахунок функцій корисності

На рис. 2 представлена графічна інтерпретація отриманих результатів. Для розрахунків було використано Microsoft Excel.

Рис 2. Графічна інтерпретація отриманих результатів
[авторська розробка]

За розрахунками обрано RFID-зчитувач з максимальною загальною оцінкою – Kraid DG-TV - 6319B.

ВИСНОВКИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Сучасний склад - це складна технічна споруда, яка виконує ряд функцій по перетворенню параметрів матеріальних потоків, а також накопиченню, переробці і розподілу вантажів між споживачами.

Ключовим завданням організації зони зберігання є швидкий доступ до потрібного товару та оперативний облік асортименту вантажів, що зберігаються. Проблема впровадження інноваційних технологій обліку товарів на складі підприємства має велике практичне значення.

В роботі розроблено метод вибору RFID зчитувача за багатьма функціональними та вартісним критеріями. Наведено приклад використання розробленого методу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку програмно-методичних комплексів розв'язання поставлених задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Зростаючий попит з боку e-commerce стимулює відновлення ринку. URL: <https://cbre-expandia.com/zrostayuchij-popit-z-boku-e-commerce-stimulyu%D1%94-vidnovlennya-rinku/>.
- [2] Сучасний склад: яким він повинен бути: URL: <https://ssk.ua/ua/blog/sovremennyj-sklad-kakim-dolzhen-byt-451>.
- [3] RFID-считыватели. веб-сайт. URL: <http://rfidukraine.com.ua/rfid-readers/>.
- [4] Ильинцева, А. А. (2019) Роль «умных» технологий в управлении современным складом. *Вестник Ивановского государственного университета* (1) 68-72.
- [5] Верзун, Н. А., Воробьева, Д. М., Колбанёв, А. М. & Колбанёв М. О. (2018) Обзор технологий и стандартов RFID систем. *Информационные технологии и телекоммуникации*. (6 № 1). 1–11.
- [6] Петров Э.Г. Брынза Н.А., Колесник Л.В., Пискалова О.А. (2014) *Принятие решений в условиях многокритериальности и неопределенности*. Херсон.: Гринь Д.С. ISBN 978-617-7243-15-0.
- [7] Петров, Е. Г., Новожилова, М. В., & Гребенник, І. В. (2004). *Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах*. К.: Техніка.
- [8] Філь Н.Ю., Резвих С.М. Модель вибору систем автоматизації будівель в умовах нечіткої інформації (2017). *Технологія приборостроєння*. (2) 3-5.
- [9] Філь, Н. Ю. Ільге І. Г. Модель вибору мініекскаватора для дорожньо-будівельних робіт за багатьма критеріями (2021) *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: зб. наук. пр.* (92, т. 1) 114–118. <http://doi:10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.1.114>.
- [10] Петренко Ю. А. Посукан Р. В. Розробка моделі вибору промислового робота. матеріали науково-практичної конференції «International scientific and practical conference» (23-27). 25–26 September 2020. Prague, Czech Republic. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.5>.