

УДК 004.9:656.1

О. Л. Ляшук, докт. техн. наук, проф.; Д. В. Міронов, канд. техн. наук; М. О. Ляшук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ
НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ФУНКЦІЇ БАЖАНОСТІ
ХАРРІНГТОНА**

O. L. Liashuk, Dr., Prof.; D. V. Mironov, Ph.D.; M. O. Liashuk

**AUTOMATED ALGORITHM FOR QUALITY ASSESSMENT OF TRANSPORT
SERVICES BASED ON LOGISTICS MONITORING AND HARRINGTON'S
DESIRABILITY FUNCTION**

Якість надання транспортних послуг є ключовим фактором у логістичному менеджменті, що безпосередньо впливає на задоволеність клієнтів і ефективність перевізника. Оцінювання якості перевезень ускладнюється багатовимірністю цього поняття – необхідно одночасно враховувати низку різнорідних показників (своєчасність, надійність, економічність, безпеку, комфорт тощо). Існуючі методи моніторингу не повною мірою охоплюють технічні, експлуатаційні та користувацькі аспекти якості в комплексі. Водночас сучасні логістичні системи супутникового моніторингу (GPS-трекінг тощо) генерують великий обсяг даних про процес перевезень, що дозволяє оперативно виявляти неефективності та резерви вдосконалення маршрутів. Ці передумови зумовили необхідність розроблення нового алгоритму та програмного продукту для інтегральної оцінки якості транспортних послуг.

В основу запропонованого рішення покладено узагальнену функцію бажаності Харрінгтона, яка перетворює різні показники обслуговування на єдиний критерій. Розроблений підхід поєднує потреби логістичного управління з можливостями сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій, забезпечуючи автоматизоване й об'єктивне оцінювання рівня транспортного сервісу для підтримки управлінських рішень. Згідно методики дослідження розроблено алгоритм для автоматизації процесу оцінки якості процесу перевезень (рис. 1). Розроблений алгоритм дозволяє не тільки визначити загальний рівень задоволеності клієнтів, але й чітко виявляти критичні аспекти, які потребують коригування. Це забезпечує більш точне та ефективне прийняття рішень для вдосконалення логістичних послуг з технологіями Big Data, що дає змогу обробляти великі обсяги різнорідної інформації, що надходить із систем логістичного моніторингу та додаткових джерел (наприклад, дані про трафік, метеоумови, ціни на паливо тощо). У практичному використанні даного підходу архітектура Big Data об'єднує сервери, хмарні сховища та засоби розподілених обчислень, завдяки яким алгоритм з рисунка 1 може масштабуватися для одночасного аналізу даних, що надходять у режимі реального часу. У такій конфігурації алгоритм перетворюється на цілісний програмний комплекс, який забезпечує не лише статичну оцінку, а й динамічний моніторинг усього процесу перевезень. Обробка настільки значних потоків інформації надає можливість оперативно оновлювати показники якості, виявляти відхилення від оптимального маршруту чи часу транспортування та своєчасно реагувати на будь-які технічні або логістичні проблеми.

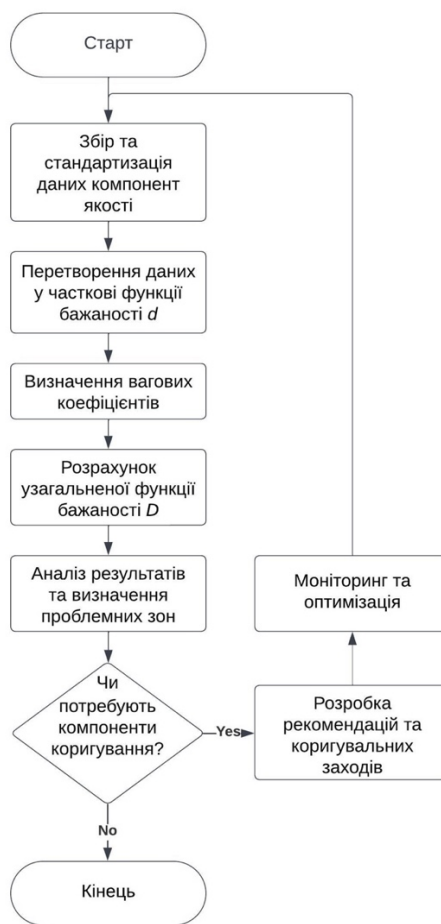


Рисунок 1 – Алгоритм оцінки якості процесу надання транспортних послуг на основі логістичного моніторингу та використання функції бажаності Харінгтона

З урахуванням сказаного про розширення функціональності завдяки Big Data аналізу, на наступному кроці було розроблено програмний продукт на базі мови програмування Python, який дає змогу повною мірою реалізувати описаний алгоритм і застосовувати підходи обробки даних. Нижче наведено фрагмент програмного коду на Python (рис. 2), який реалізує описану методику оцінки якості процесу перевезень із використанням функції бажаності Харінгтона, вагових коефіцієнтів і можливістю інтеграції з Big Data-середовищем. Код розрахований на обробку великих обсягів даних, що можуть надходити з різноманітних джерел логістичного моніторингу (спеціалізовані системи, сенсори, GPS-трекери тощо). У запропонованому фрагменті передбачено читання даних, нормалізацію показників, розрахунок часткових та узагальненої функцій бажаності, а також формування узагальнених висновків щодо ефективності перевезень. Для взаємодії з великими сховищами (Big Data) реалізовано імпорт даних не лише з CSV, але й через PySpark або інші розподілені платформи.

```
# Константи та параметри
# -----
B0 = -0.368
B1 = 0.0374

weights = {
    'timeliness': 4.0,      # Своєчасність
    'routing': 2.3,         # Маршрутизація
    'economy': 1.5,         # Економія
    'safety': 3.0,          # Безпека
    'responsiveness': 3.3   # Оперативність
}

# Функції для часткової та узагальненої бажаності
# -----

def partial_desirability(value, b0, b1):
    """
    Обчислює часткову функцію бажаності
    за експоненційною формулою  $d = \exp(-\exp(b0 + b1*y))$ 
    """
    y_prime = b0 + b1 * value
    return math.exp(-math.exp(y_prime))

def overall_desirability(d_values, w):
    """
    Обчислює узагальнену (інтегральну) функцію бажаності
    як зважене геометричне середнє часткових бажаностей.
    d_values: словник {назва_критерію: часткова_бажаність}
    w: словник {назва_критерію: вага}
    """
    sum_w = sum(w.values())
    product = 1.0
    for criterion, d_val in d_values.items():
        alpha = w[criterion] / sum_w
        product *= d_val ** alpha
    return product

# Головний блок зчитування даних через PySpark
# -----
if __name__ == "__main__":
    # Ініціалізуємо сесію Spark
    spark = SparkSession.builder \
        .appName("TransportQualityAnalysis") \
        .getOrCreate()

    input_path = "hdfs://cluster/path/to/transport_data.csv"

    # Зчитуємо дані у форматі DataFrame PySpark
    spark_df = spark.read \
        .option("header", "true") \
        .option("inferSchema", "true") \
        .csv(input_path)

    # Перетворюємо PySpark DataFrame у Pandas DataFrame
    df_input_pd = spark_df.toPandas()

    # Виконуємо аналіз якості перевезень згідно з алгоритмом
    results_df = analyze_transport_quality(df_input_pd, weights)

    # Виводимо результати
    print("Результати аналізу якості перевезень (зчитування з PySpark DataFrame):")
    print(results_df.head(10))

    # Закриваємо сесію Spark
    spark.stop()
```

Рисунок 2 – Фрагмент коду програмного продукту на базі мови програмування Python

У кінці виконання скрипта отримується таблиця, що забезпечує швидку й наочну оцінку рівня бажаності (тобто рівня якості) для кожного запису у великому обсязі транспортних даних. Нижче наведено приклад того, як може виглядати вихідна таблиця результатів (рис. 3.).

	id	timeliness	routing	economy	safety	responsiveness	overall_desirability
1	0	0	2	2	2	3	0.5730
2	1	1	4	2	4	3	0.6040
3	2	2	5	5	5	4	0.7640
4	3	3	2	2	2	2	0.5030
5	4	4	2	2	2	3	0.5730
6	5	5	4	2	4	3	0.6040
7	6	6	5	5	5	4	0.7640
8	7	7	2	2	2	2	0.5030

Рисунок 3 – Фрагмент масиву даних з вихідними результатами розрахунку якості процесу перевезення автомобільним транспортом

Таким чином, розроблений алгоритм і програмне забезпечення є дієвим інструментом логістичного менеджменту, підвищуючи прозорість контролю якості перевезень та сприяючи ухваленню обґрунтованих рішень для оптимізації транспортних операцій.

Література

1. Aulin, V.; Rogovskii, I.; Lyashuk, O.; Titova, L.; Hryniv, A.; Mironov, D.; Volianskyi, M.; Rogatynskyi, R.; Solomka, O.; Lysenko, S. Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *East.-Eur. J. Enterp. Technol.* 2024, 1(3(127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

2. Jayarathna CP, Agdas D, Dawes L, Yigitcanlar T. Multi-Objective Optimization for Sustainable Supply Chain and Logistics: A Review. *Sustainability*. 2021; 13(24):13617. <https://doi.org/10.3390/su132413617>.
3. Gajewska T, Walczyk D. Development of Transport Management Software. *Sustainability*. 2023; 15(15):12083. <https://doi.org/10.3390/su151512083>.
4. Sarbast Moslem, Baris Tekin Tezel, Ayse Ovgu Kinay, Francesco Pilla, A hybrid approach based on magnitude-based fuzzy analytic hierarchy process for estimating sustainable urban transport solutions, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 137, Part A, 2024, 109112. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109112>.
5. Yuanxing Yin, Huan Wang, Xiaojun Deng, Real-time logistics transport emission monitoring-Integrating artificial intelligence and internet of things, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 136, 2024, 104426. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104426>.

УДК 004.9

Ю.Б. Максим'як

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО
ОПОВІЩЕННЯ З ФУНКЦІЄЮ ОБМІНУ ДАНИМИ З СЕНСОРНИМИ МЕРЕЖАМИ
ТА СИСТЕМАМИ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ**

Y.B. Maksymyak

**ARCHITECTURE OF THE AUTOMATED CENTRALIZED NOTIFICATION SYSTEM
WITH THE FUNCTION OF DATA EXCHANGE WITH SENSOR NETWORKS AND
EARLY THREAT DETECTION SYSTEMS**

Практика застосування на території України систем централізованого оповіщення протягом 2022–2025 рр. показала, що традиційні платформи для оповіщення без інтеграції з сенсорними мережами та аналізаторами не забезпечують належну швидкодію й точність [1]. Відсутність єдиного стандартизованого інтерфейсу між різнорідними давачами призводить до фрагментації даних і зниження достовірності сигналів. Тому, актуальною є задача створення архітектури системи оповіщення, яка дасть можливість об'єднувати дані з різних джерел. Розробка такої теоретично обґрунтованої архітектури взаємодії автоматизованої системи реагування з сенсорними мережами раннього виявлення забезпечить мінімальну затримку, високу стійкість і захист від навмисної фальсифікації даних.

На сьогодні розробленого комплексного рішення не існує. Часткові рішення для автоматизованого виявлення й реагування на загрози в цивільному оповіщенні лише почали впроваджуватися і не мають масового характеру. Наприклад, в [2] розглядається впровадження адаптивного шлюзу з вбудованою функцією довірчої оцінки даних, а також у застосування гібридних алгоритмів машинного навчання для визначення аномалій у реальному часі. Відомими є спроби інтегруватися з телеметричними платформами, які використовують сенсорні мережі, зокрема на базі протоколів LoRaWAN, LTE-M та NB-IoT. Це дозволяє забезпечити покриття розосереджених територій із мінімальними витратами енергії та ресурсів. У деяких пілотних системах з'явилися шлюзи, які виконують нормалізацію даних та додають криптографічний підпис (напр., Ed25519) до кожного пакета даних, що значно ускладнює підміну чи підробку даних. Окремі рішення пропонують підхід із