

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕФЕКТИВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Аналіз сучасного стану гуманітарної допомоги в секторі здоров'я України

В сучасних реаліях Україна та її громадяни зіткнулися з рядом викликів. Війна суттєво вплинула на доступність та якість медичних послуг, що потребує втручання та оптимізації логістичних процесів для покращення ситуації.

Для дослідження будуть застосовуватися наступні інформаційні ресурси:

- ReliefWeb - Informing humanitarians worldwide – сервіс, створений органом «Управління ООН з координації гуманітарних справ» (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (ОСНА)), для моніторингу та збирання даних про гуманітарну інформацію. Основними джерелами інформації є гуманітарні компанії міжнародного та регіонального рівнів, уряди, дослідницькі та аналітичні установи. [1]
- World Health Organization (WHO) – Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) на своєму сайті розміщує широкий спектр даних, включаючи офіційні звіти, пов'язаних із світовим сектором здоров'я. [2]
- The Humanitarian Data Exchange (HDX) – є іншим сервісом, створеним ОСНА, та є платформою з відкритим доступом до гуманітарної інформації, зібраною спеціалізованими організаціями. Колекції даних включають статистичну інформацію про кількість постраждалих, їх потреби, оцінка завданої шкоди, дані про надану допомогу, тощо. [3]
- Cluster Coordination System – система координації гуманітарних кластерів була активована в Україні з грудня 2014 року, коли в середині 2014 року спалахнув збройний конфлікт у східних областях Донецької та Луганської областей. Сюди входять Кластер охорони здоров'я під керівництвом, що керується ВООЗ та координує свою роботу з урядовими партнерами на рівні Міністерства охорони здоров'я, Національної служби здоров'я та окремих медичних закладів, а також залучає громадські організації для кращого досягнення громад; та Логістичний кластер (активований у лютому 2022 року). Вони збирають

дані про гуманітарні потреби та розміщують відповідні звіти у відкритому доступі. [4]

- The Logistics Cluster – веде список постачальників логістичних послуг, надає офіційну інформацію про стан логістики в різних регіонах та країнах, включаючи інформацію про розміщення складських площ для гуманітарних організацій. [5]

Для аналізу та висвітлення доцільності дослідження саме сектору здоров'я вивчалися офіційні звіти ВООЗ. Відповідно до звіту «БЮЛЕТЕНЬ КЛАСТЕРА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я №2», [6] що організація підготувала в березні 2024 року, відомо наступне: понад 14,1 мільйона людей постраждали від війни. Станом на 2024 рік, 7,8 мільйона людей потребують гуманітарної допомоги в секторі охорони здоров'я. Основні проблеми включають недоступність медичних послуг через атаки на заклади охорони здоров'я - 1 626 атак з початку війни; відсутність медичних товарів та недостатню кількість медичного персоналу. Документ чітко демонструє значущість сектора охорони здоров'я в контексті війни в Україні.

В звіті «Factsheet based on the data collected in frontline areas of Dnipro, Donetsk, Kharkiv, Kherson, Mykolayiv, Odesa, and Zaporizhzhya oblasts» [7], створеному у лютому 2024, зазначається інформація про загострення ситуації в системі охорони здоров'я в південних та східних регіонах. Збір даних проводився у трьох етапах: грудень 2022 - березень 2023, червень 2023, вересень 2023. За даним звітом відомо наступне: висока вартість медичних послуг, недостатня кількість медичного персоналу та відсутність необхідних ліків і послуг вказують на необхідність ефективного розподілу ресурсів. У червні 2023 року 17% респондентів зверталися за екстреною допомогою, з них 22% мали значні проблеми з доступом до цих послуг. Значний відсоток населення має обмежений доступ до основних медичних послуг, що підкреслює важливість оптимізації логістики для поліпшення доступу до медичної допомоги.

Ці дані підкреслюють необхідність покращення гуманітарної логістики в секторі здоров'я для забезпечення своєчасної та ефективної медичної допомоги населенню, що постраждало від війни в Україні.

Для кращого та глибшого розуміння ситуації пропонується скористатися мовою програмування Python, аналізуючи набір даних зі статистичними даними на момент 2024 року про кількість людей, які потребують допомоги та серйозність цих

потреб – датасет під назвою «ukr-2024-hnnp-pin-severity-targets-activities-20240119.xlsx».
[8]

Розглядаючи датасет, було проаналізовано дані, що стосуються сектору здоров'я, шляхом створення окремого файлу "People_in_Need_2024.xlsx", що містить 127 рядків та 6 стовпців, частина вмісту якого надана на рис. 1. Файл містить наступні елементи: Oblast name – назви областей, Raion name – назви районів, Raion pcode – код району, People in Need (Individuals) – кількість людей, що потребують допомоги, Severity of Needs – серйозність цих потреб, HE – означає сектор здоров'я.

	A	B	C	D	E
1	Oblast Name	Raion Name	Raion Pcode	People in Need (Individuals)	Severity of Needs
2				HE	HE
3	adm1_en	adm2_en	adm2_pcode	overall_pin_he	overall_sev_he
14	Dnipropetrovska	Dniprovskiyi	UA1202	329 921	2
15	Dnipropetrovska	Kamianskiy	UA1204	-	2
16	Dnipropetrovska	Kyivoriizkiy	UA1206	-	3
17	Dnipropetrovska	Nikopolskiy	UA1208	-	4
18	Dnipropetrovska	Novomoskovskiy	UA1210	-	3
19	Dnipropetrovska	Pavlohradskiy	UA1212	-	2
20	Dnipropetrovska	Synelnykivskiy	UA1214	-	2
21	Donetska	Bakhmutskiy	UA1402	40 090	4
22	Donetska	Volnovaskiy	UA1404	28 452	4
23	Donetska	Horlivskiy	UA1406	22 658	3
24	Donetska	Donetskyy	UA1408	54 298	2
25	Donetska	Kalmiuskyy	UA1410	1 959	3
26	Donetska	Kramatorskiy	UA1412	112 703	3
27	Donetska	Mariupolskiy	UA1414	74 680	4
28	Donetska	Pokrovskiy	UA1416	77 595	3
39	Zaporizka	Berdianskiy	UA2302	52 702	4
40	Zaporizka	Vasylivskiy	UA2304	52 401	4
41	Zaporizka	Zaporizkiy	UA2306	421 276	3
42	Zaporizka	Melitopolskiy	UA2308	78 647	4
43	Zaporizka	Polohivskiy	UA2310	61 283	3
77	Mykolaivska	Bashtanskyy	UA4802	36 378	4
78	Mykolaivska	Voznesenskyy	UA4804	28 792	2
79	Mykolaivska	Mykolaivskyy	UA4806	234 765	5
80	Mykolaivska	Pervomaiskiy	UA4808	30 622	3
81	Odeska	Berezivskyy	UA5102	13 254	3

Рисунок 1 – Вміст файлу "People_in_Need_2024.xlsx" [8]

За допомогою програмного коду, що наданий в People_in_Need_2024.ipynb, було нормалізовано дані, розраховано частку пропусків в кожному стовпці та заповнено ці пропуски середніми значеннями для точного аналізу. Після цього проводились статистичний аналіз та візуалізація даних.

	index	People in Need (Individuals)
0	count	128
1	mean	74076.7532825366
2	std	154165.050874422
3	min	1919.7275
4	25%	18022.85575
5	50%	37469.1559695508
6	75%	74076.7532825366
7	max	1284639.6027831165

Було створено описову статистику для стовпця з інформацією про кількість потребуючих людей за допомогою методу describe та отримано результат, що зображено на рис. 2.

Графік, що зображено на рис. 3, показує розподіл кількості потребуючих людей по всіх областях України. Було визначено, що максимальні значення досягаються в місті Київ, Харківській, Одеській та Дніпропетровській областях (значення від третього квартилю до максимального). Середні значення мають Донецька, Київська, Львівська та Запорізька області. Всі інші області мають значення, що не перевищують перший квартиль. Таким чином, було визначено, що, хоча крім прифронтових областей, області центрального та західного регіонів України також мають високу кількість потребуючих.

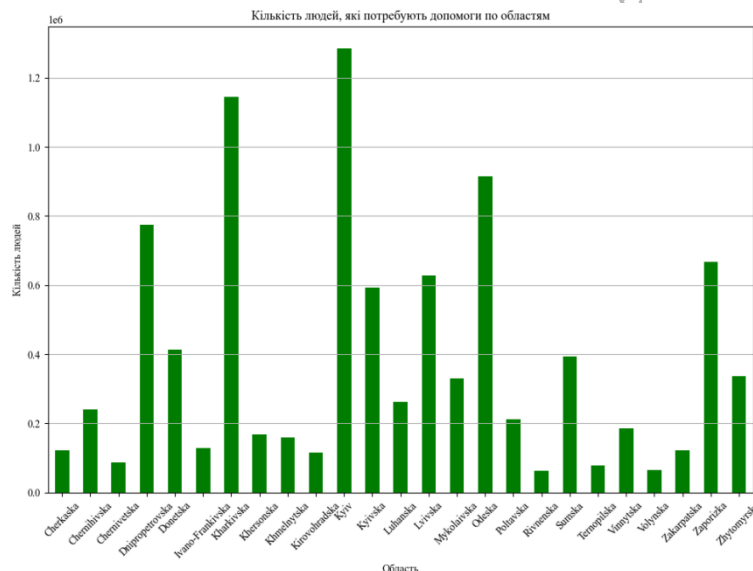


Рисунок 3 – Кількість людей, які потребують допомоги по областях

Після цього, використовуючи такий самий підхід, було проаналізовано параметр серйозності потреб та отримано результати, що зображено на рис. 4 та рис. 5. Найвища серйозність потреб в Чернігівській, Донецькій, Херсонській, Миколаївській, Одеській, Сумській та Запорізькій областях. Середні значення мають всі інші області, за винятком Черкаської та Львівської областей, значення у яких потрапляють в перший квартиль.

	Index	Severity of Needs
0	count	127
1	mean	2.6299212598
2	std	0.9155027208
3	min	1
4	25%	2
5	50%	3
6	75%	3
7	max	5

Рисунок 4 – Описова статистика Severity of Needs

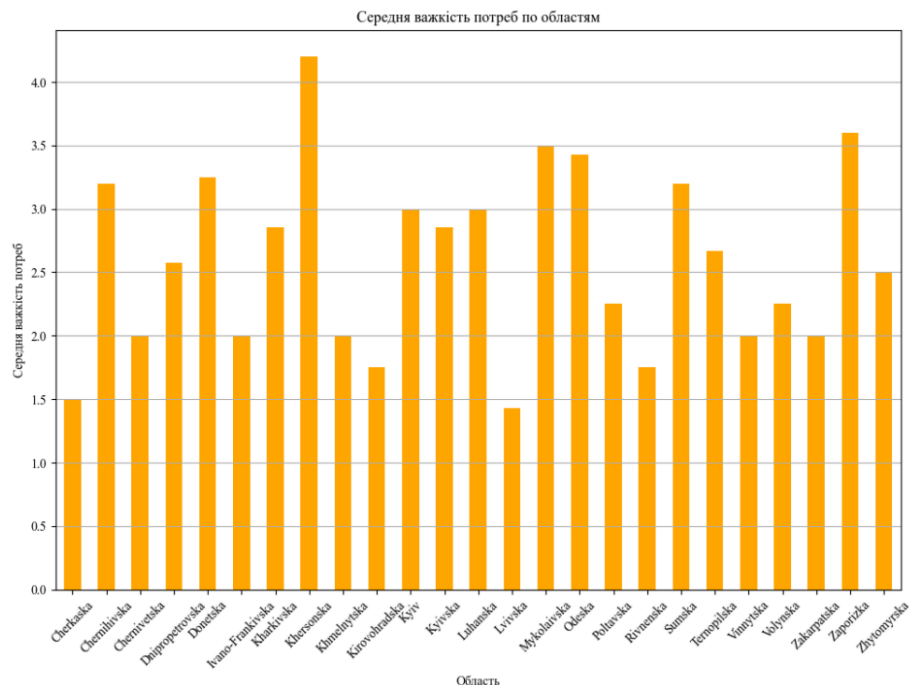


Рисунок 5 – Середня важкість потреб по областях

Наступним розглядався датасет «Health Request Planning and Response (HRPR) Weekly Digest Bulletin» - бюлетень з потребами та запитами у медичних товарах відповідно певної області, отриманий з Кластеру охорони здоров'я.

Вміст файлу зображений на рис. 6. Він містить 1109 записів та 3 стовпці – назву області (Oblast / Region), тип продукту (Type of products) та потрібна кількість зазначеного продукту (Quantity). Текст програми наведено в дHRPR Weekly Digest Bulletin.ipynb. Результат описової статистики, рис. 7, та графік, рис. 8, виявилися досить незручними для аналізу через екстремально високе значення в

Дніпропетровській області, тому враховуючи цей результат, його було вилучено з аналізованих значень, щоб розглянути решту. На рис. 9 та рис. 10 бачимо, що крім Дніпропетровської, Харківська та Запорізька області також мають високі значення потреб. Вище середнього мають значення Одеська та Сумська області.

№	№	A	B	C
1	2	Object / Region	Type of products	Quantity
3	Dnipropetrovska	Цефтріаксон, порошок для приготування розчину для ін'єкцій, 1 г (у вигляді натрієвої солі) у флаконі	1000	
4	Dnipropetrovska	Гентаміцин, ін'єкції, 40 мг/мл (у вигляді сульфату) по 2 мл у флаконі	500	
5	Dnipropetrovska	Глюкоза, розчин для ін'єкцій, 5 % (істотичний)	500	
6	Dnipropetrovska	Галоперидол, ін'єкції, 5 мг/мл по 1 мл в ампулі	500	
7	Dnipropetrovska	Метронідазол, ін'єкції, 500 мг по 100 мл у флаконі	500	
8	Dnipropetrovska	ПОВ'ЯЗА МАРЛЕВА, 10 x 10 см, стерильна	1000	
9	Dnipropetrovska	КАНОЛЮ В/В, коротка, 20G, стер., одноразова	500	
10	Dnipropetrovska	Пластичні смужки для зведення країв рани, 1/4 дюйма x 4 дюйма (6 мм x 100 мм), Steri Strip	500	
11	Dnipropetrovska	Пластич. для фіксації в/в канюль, 6 см x 8 см	1000	
12	Dnipropetrovska	ПЛАСТИР МЕДИЧЕВСЬКИЙ, 5 см x 10 м, на паперовій основі	1000	
13	Dnipropetrovska	ДРЕНАЖНА ТРУБКА ДЛЯ ДРЕНУВАННЯ ЧЕРЕВНОЇ ПОРОЖНИНИ, СН27, 50 см, з 5 отворами, см	1000	
14	Dnipropetrovska	ГОЛКА, дуга, 21G, стерильна, одноразова	1000	
15	Dnipropetrovska	ГОЛКА, СПІНАЛЬНА, G25, 0,5 x 75 мм, (для комбатової травми і субарахноїдальної анестезії)	500	
16	Dnipropetrovska	Шовний матеріал, розсікувальний, 1-0 US/2 E (DFC3), 70 см, № 1/2, діаметр 21,8 мм	1000	
17	Dnipropetrovska	Шовний матеріал, розсікувальний, 0 US/3,5 E, PLATYPRA, 140 см	500	
18	Dnipropetrovska	Креп-папір, для пакування для стерилізації, цупка	5000	
19	Dnipropetrovska	Матеріал укладений Фолія, СН18, стерильний, одноразового використання	500	
20	Dnipropetrovska	Назоксон, ін'єкції, 400 мг (гідроклорид) по 1 мл в ампулах	500	
21	Dnipropetrovska	Оксипролон, порошок для приготування розчину для ін'єкцій, 40 мг у флаконі	500	
22	Dnipropetrovska	Парацетамол, розчин для інфузій, 10 мг/мл по 100 мл	500	
23	Dnipropetrovska	Розчин йоду, розчин нашатірний, 7,5 %	500	
24	Dnipropetrovska	Натрію хлорид, розчин для ін'єкцій, 0,9 % істотичний (іонізовано Na+ 154 ммоль/л та Cl-	1000	
25	Dnipropetrovska	Натрію хлорид, розчин для ін'єкцій, 0,9 % істотичний (іонізовано Na+ 154 ммоль/л та Cl-	1000	
26	Dnipropetrovska	Інстайнер, безсмаковий, для використання шприців та голки, 5 літрів	1000	
27	Dnipropetrovska	БАТА, нитерилон, 500 г	200	
28	Dnipropetrovska	МІЙНИЙ ЗАСІБ/ЗАСІВ ДЛЯ ДЕЗІНФЕКЦІЇ, для інструментів та обладнання, 1 л	500	
29	Dnipropetrovska	Уриваксин, хірургічний, стерильні, 8	1000	
30	Dnipropetrovska	Уриваксин, хірургічний, стерильні, 7,5	1000	
31	Dnipropetrovska	СИСТЕМА ДЛЯ ІНФУЗІЙ	5000	

Рисунок 6 – датасет «HRPR Weekly Digest Bulletin» [13]

	index	Quantity
0	count	1109
1	mean	1121.6275924256
2	std	3789.9224944205
3	min	1
4	25%	2
5	50%	30
6	75%	500
7	max	50000

Рисунок 7 – Описова статистика Quantity

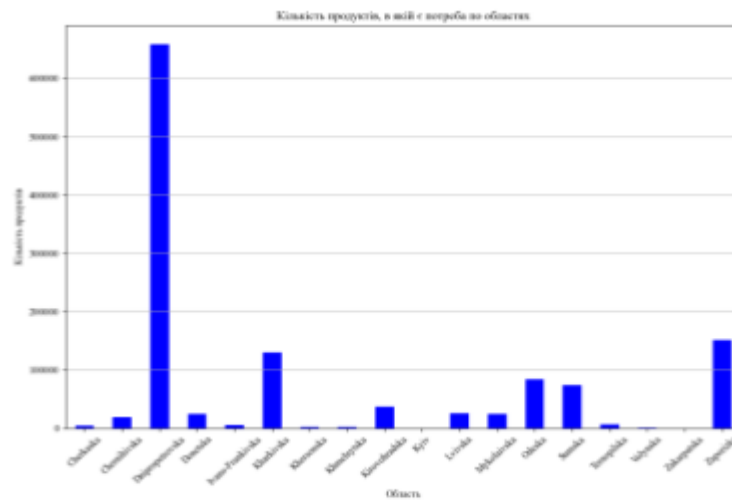


Рисунок 8 – Кількість продуктів, в яких є потреба по областях

	index	Quantity
0	count	821
1	mean	713.6881851401
2	std	2178.0355369493
3	min	1
4	25%	2
5	50%	22
6	75%	355
7	max	20000

Рисунок 9 – Описова статистика Quantity

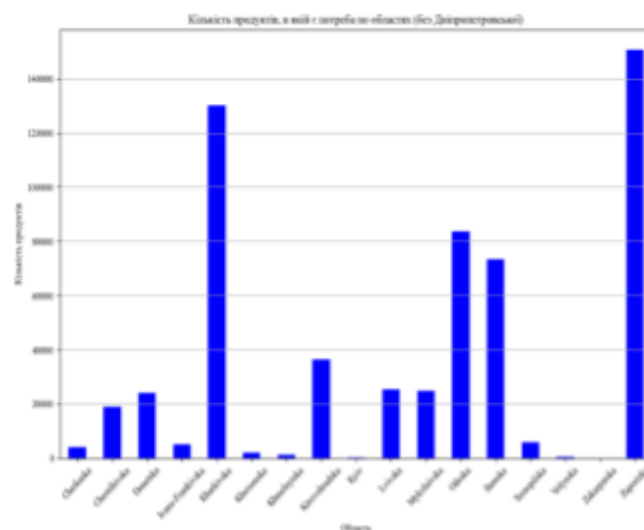


Рисунок 10 – Кількість продуктів, в яких є потреба по областях (без Дніпропетровської)

Метод аналізу ієрархії для обґрунтування вибору регіону

Для підбиття підсумків було проведено метод аналізу ієрархій. Для зручності, замість того щоб розглядати кожну область окремо, їх було розбито на чотири регіони, як наведено в табл. 1. Це наші чотири альтернативи.

Таблиця 1 – Розподіл областей по регіонах

Центр, область	Південь, область	Захід, область	Схід, область
Київська, Чернігівська, Сумська, Житомирська, Вінницька, Черкаська, Кіровоградська, Полтавська	Одеська, Миколаївська, Херсонська, Дніпропетровська, Запорізька	Рівненська, Волинська, Львівська, Закарпатська, Івано-Франківська, Чернігівська, Тернопільська, Хмельницька	Харківська, Донецька

В якості критеріїв було обрано: кількість людей, що потребують допомоги (ЛПД), серйозність потреб (СП) та кількість потрібних товарів (КПТ).

В табл. 2 наведено попарне порівняння критеріїв. Було прийнято вважати, що критерій ЛПД: від значно до набагато менш важливий за СП; від дуже сильно до надзвичайно важливіше за КПТ. Критерій СП: від значно до дуже сильно важливіше за ЛПД; помірно менш важливий за КПТ. Критерій КПТ: від набагато до надзвичайно менш важливий за ЛПД; помірно важливіший за СП. В табл. 3 наведено розрахунок вектору пріоритетів для критеріїв.

Таблиця 2 – Попарне порівняння критеріїв



	ЛПД	СП	КПТ
ЛПД	1,00	0,17	8,00
СП	6,00	1,00	0,33
КПТ	0,13	3,00	1,00
Сума	7,13	4,17	9,33

Таблиця 3 – Розрахунок вектору пріоритетів для критеріїв

	ЛПД	СП	КПТ	Вектор пріоритетів
ЛПД	0,14	0,04	0,86	0,35
СП	0,84	0,24	0,04	0,37
КПТ	0,02	0,72	0,11	0,28
Сума	1,00	1,00	1,00	1,00

На рис. 11 наведено попарне порівняння альтернатив на основі критеріїв та розрахунок векторів для них. Важливість певного регіону оцінювалась відповідно до того, які значення, та як часто, області цього регіону отримували під час аналізу в попередньому пункті.

ЛПД	Центр	Захід	Схід	Південь
Центр	1,00	2,00	0,17	0,13
Захід	0,50	1,00	0,13	0,11
Схід	6	8	1	0,33
Південь	8	9	3	1,00
Сума	15,50	20,00	4,29	1,57

ЛПД	Центр	Захід	Схід	Південь	Вектор пріоритетів
Центр	0,06	0,10	0,04	0,08	0,07
Захід	0,03	0,05	0,03	0,07	0,05
Схід	0,39	0,40	0,23	0,21	0,31
Південь	0,52	0,45	0,70	0,64	0,58
Сума	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

СП	Центр	Захід	Схід	Південь
Центр	1,00	2,00	0,50	0,14
Захід	0,50	1,00	0,14	0,13
Схід	2	7	1	0,25
Південь	7	8	4	1,00
Сума	10,50	18,00	5,64	1,52

СП	Центр	Захід	Схід	Південь	Вектор пріоритетів
Центр	0,10	0,11	0,09	0,09	0,10
Захід	0,05	0,06	0,03	0,08	0,05
Схід	0,19	0,39	0,18	0,16	0,23
Південь	0,67	0,44	0,71	0,66	0,62
Сума	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

КПТ	Центр	Захід	Схід	Південь
Центр	1,00	6,00	0,25	0,17
Захід	0,17	1,00	0,17	0,11
Схід	4	6	1,00	0,50
Південь	6	9	2,00	1,00
Сума	11,17	22,00	3,42	1,78

КПТ	Центр	Захід	Схід	Південь	Вектор пріоритетів
Центр	0,09	0,27	0,07	0,09	0,13
Захід	0,01	0,05	0,05	0,06	0,04
Схід	0,36	0,27	0,29	0,28	0,30
Південь	0,54	0,41	0,59	0,56	0,52
Сума	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Рисунок 11 – Попарне порівняння альтернатив на основі критеріїв та розрахунок векторів для них

В табл. 4 проводиться розрахунок остаточного вектору пріоритетів. Згідно з методом аналізу ієрархій, пріоритетним регіоном для надання допомоги є Південь з

остаточним вектором пріоритетів 0.58. Цей регіон має найвищий пріоритет через велику кількість людей, що потребують допомоги, серйозність потреб, а також кількість потрібних товарів. На другому місці знаходиться Східний регіон з вектором пріоритетів 0.28. Центральний регіон має вектор пріоритетів 0.10, а Західний – найменший вектор пріоритетів 0.05.

Таблиця 4 – Розрахунок остаточного вектору пріоритетів для критеріїв

Альтернатива / Критерій	ЛПД	СП	КПТ	Остаточний вектор пріоритетів
Центр	0,07	0,10	0,13	0,10
Захід	0,05	0,05	0,04	0,05
Схід	0,31	0,23	0,30	0,28
Південь	0,58	0,62	0,52	0,58
	0,35	0,37	0,28	

Таким чином, на основі проведеного аналізу рекомендується спрямування ресурсів та допомоги в першу чергу на Південний регіон, а також приділяти увагу Східному регіону.

Виявлення структури логістичної системи

Для дослідження конкретні елементи системи будуть визначатися наступним чином:

- Логістичні центри: LOGIE (The Logistics Cluster) надає складські площі для гуманітарних організацій для зберігання вантажу. На даний момент складські площі доступні в Дніпрі, Херсоні, Кропивницькому, Києві та Одесі, див. рис. 12.
- Пункти отримання: міста Донецьк, Запоріжжя, Харків, Дніпро, Херсон, Одеса, Миколаїв – для подальшого розподілу по областях.
- Транспорт: ТОВ «Нова пошта» проводить перевезення великогабаритних і малогабаритних вантажів по Україні.



Рисунок 12 – Логістичні центри [9]

Процес транспортування передбачає, що постачальники надають потрібні товари на складські площі в великих містах, звідки перевізник розвозить їх по потрібним пунктам області. Бачимо, що не у всіх областях є логістичні центри. Таким чином, постає потреба у вирішенні таких питань як вибір маршруту між центрами та містами, оптимізація вартості, відстані та часу доставки гуманітарної допомоги.

Будується продукційна модель подання знань в предметній області «Гуманітарна логістична система». Цільова дія: «Доставка медичних продуктів».

Проміжні дії: вибір типу транспорту, вибір логістичного центру, транспортування.

Розглянемо умови для дій. Вибір логістичного центру: вважається, що з кожного центру можлива доставка до кожного міста, але якщо у місті знаходиться логістичний центр, то туди доставка постачальниками здійснюється безпосередньо та не потребує детального розгляду.

Введемо позначення для фактів (Ф), дій (Д) і пропозицій (П):

Факти:

(Ф1): Логістичний центр знаходиться в місті Київ.

(Ф2): Логістичний центр знаходиться в місті Кропивницький.

(Ф3): Логістичний центр знаходиться в місті Одеса.

(Ф4): Логістичний центр знаходиться в місті Херсон.

(Ф5): Логістичний центр знаходиться в місті Дніпро.

(Ф6): Логістичний центр не знаходиться в місті Донецьк.

(Ф7): Логістичний центр не знаходиться в місті Харків.

(Ф8): Логістичний центр не знаходиться в місті Запоріжжя.

(Ф9): Логістичний центр не знаходиться в місті Миколаїв.

(Ф10): Перевізник надає транспорт типу BDF-зчіпка.

(Ф11): Перевізник надає транспорт типу EURO.

Ф(12): Потреба є в області: Харківська.

Ф(13): Потреба є в області: Донецька.

Ф(14): Потреба є в області: Одеська.

Ф(15): Потреба є в області: Миколаївська.

Ф(16): Потреба є в області: Херсонська.

Ф(17): Потреба є в області: Дніпропетровська.

Ф(18): Потреба є в області: Запорізька.

Дії:

(Д1): Обирається тип транспорту.

(Д2): Товар доставляється постачальником в логістичний центр області.

© (Д3): Товар розподіляється перевізником по пунктам області, які його потребують.

(Д4): Товар транспортується з логістичного центру іншої області.

(Д5): Проводиться вибір центру за оптимальним маршрутом.

(Д6): Товар доставляється в найбільше місто області.

(Д7): Завершення.

Пропозиції:

(П1): Якщо (Ф10) і (Ф11), то (Д1).

(П2): Якщо (Ф14) або (Ф16) або (Ф17) та (Ф3) або (Ф4) або (Ф5), то (Д2).

(П3): Якщо (Д2), то (Д3).

(П4): Якщо (Ф12) або (Ф13) або (Ф15) або (Ф18) та (Ф1) або (Ф2) або (Ф3) або (Ф4) або (Ф5) або (Ф6) або (Ф7) або (Ф8) або (Ф9), то (Д4).

(П5): Якщо (Д4), то (Д5).

(П6): Якщо (Д5), то (Д6).

(П7): Якщо (Д6), то (Д3).

(П8): Якщо (Д3), то (Д7).

Для забезпечення ефективного транспортування та розподілу медичних продуктів, необхідно враховувати наявність логістичних центрів та пунктів отримання вантажів, а також типи транспортних засобів, що використовуються для перевезення. Вибір логістичного центру та оптимізація маршруту доставки є ключовими етапами, що дозволяють зменшити витрати, час і відстань доставки. Розроблена продукційна модель дозволяє систематизувати процес доставки гуманітарної допомоги та забезпечити його ефективне розуміння. На рис. 13 зображено граф логістичної мережі: червоним прямокутником логістичні центри, а блакитним кругом найбільші міста областей.

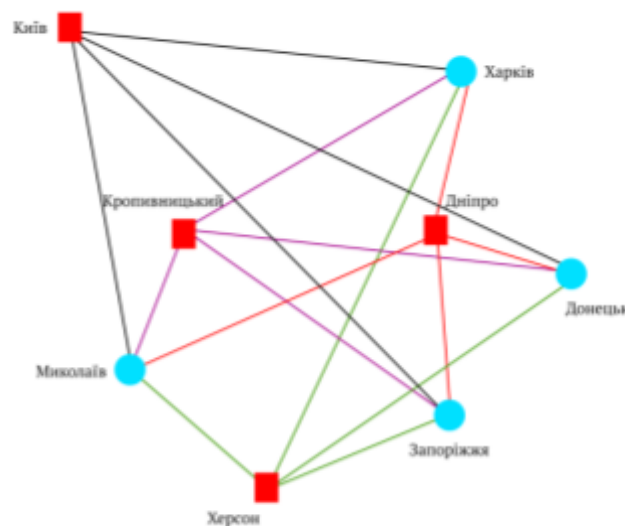


Рисунок 13 – Граф логістичної мережі

З рис. 13 можна зробити кілька важливих висновків щодо логістичної системи транспортування гуманітарної допомоги:

1. Маршрути транспортування:

Чорні лінії: Київ - Харків, Київ - Кропивницький, Київ - Дніпро, Київ - Херсон.

Зелені лінії: Кропивницький - Харків, Кропивницький - Дніпро, Кропивницький - Херсон, Кропивницький - Запоріжжя.

Фіолетові лінії: Херсон - Харків, Херсон - Донецьк.

Червоні лінії: Дніпро - Миколаїв, Дніпро - Донецьк, Дніпро - Запоріжжя.

2. Зв'язки між центрами та пунктами:

Малюнок показує, що логістичні центри не пов'язані між собою, так само як і пункти отримання вантажів, утворюючи мережу для транспортування гуманітарної допомоги пов'язану вершинами з двох незалежних множин.

3. Відсутність логістичних центрів:

Логістичні центри відсутні в таких містах як Миколаїв, Харків, Донецьк, Запоріжжя. Ці міста отримують вантажі з сусідніх логістичних центрів.

Ця інформація буде корисною для оптимізації маршрутів транспортування, та вибору відповідних транспортних засобів.

Збір додаткових даних про систему для проведення оптимізації

Для ефективнішого дослідження системи було зібрано додаткову інформацію. В табл. 5 наведено дані про відстані між містами, де знаходяться центри та містами, куди потрібно здійснити доставку.

Таблиця 5 – Відстані між містами та центрами

Км	Донецьк	Харків	Запоріжжя	Миколаїв
Київ	818	490	557	492

Кропивницький	492	380	302	184
Херсон	551	594	359	71
Дніпро	251	219	85	327

Джерело: складено автором на основі [10]

Користуючись даними з файлу «Health Request Planning and Response (HRPR) Weekly Digest Bulletin», було проведено дослідження та визначено сумарну ціну та вагу товарів, які потребуються в певній області. Отримали наступний результат:

- в Донецькій області загальна вага становить близько 4.65903 тони, а вартість продуктів – 18 214 930 гривень;
- в Миколаївській області загальна вага становить близько 1.72364 тони, а вартість продуктів – 4 017 900 гривень;
- в Харківській області загальна вага становить близько 27.49503 тон, а вартість продуктів – 41 466 234 гривень;
- в Запорізькій області загальна вага становить близько 7.76780 тон, а вартість продуктів – 8 830 200 гривень.

За допомогою цих даних буде розраховано вартість доставки для оптимальних маршрутів двома типами транспорту, що надає перевізник. Приклад розрахунку з офіційного ресурсу [11] зображено на рис. 14.

НОВА ПОШТА

Про послугу Як це працює Переваги Розрахувати вартість Контакти Документи Відповіді на поширені питання вхід

Розрахуйте вартість вантажних перевезень

У вартість послуги включено:

- Прийом заявок
- Контроль завантаження та вивантаження
- Доставка вантажу на склад
- Відслідковування доставки та підтримка 24/7
- Перевірка документів на вантаж
- Контроль графіків завантаження та вивантаження

У разі підписання договору можливе надання індивідуальних умов ціноутворення. Детальна інформація про тарифи на вантажні перевезення за [посиланням](#).

Дніпро

Харків

251

18214930

BDF-зчіпка (20т/33плт/96м3)

Квітень-вересень

Через день та більше

До 1 авто/місяць

Розрахувати вартість

The Financial Tracking System (FTS) [12] – ресурс створений ОСНА надає інформацію що на логістичний сектор було надано 708 008 \$, або 28 320 320 гривень.

Суть проблеми, що розглядається в цій роботі, полягає в оптимізації гуманітарної логістичної система з надання продуктів медичного застосування в прифронтові міста. В цьому розділі було:

- досліджено звіти великих гуманітарних організацій, висвітлюючи обґрунтованість дослідження сектору здоров'я;
- проаналізовано базу даних з інформацією про актуальні гуманітарні потреби в Україні та визначено області з найвищими значеннями;
- проведено вибір областей для дослідження, порівнюючи альтернативи та критерії;
- визначено структуру та елементи логістичної системи;
- зібрано необхідні дані для проведення подальшої оптимізації процесів.

РЕАЛІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ЗАДАЧІ Й ЇЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Логістичне планування

Оберемо найоптимальніший маршрут, формуючи задачу про призначення, враховуючи відстані та обмеження. Скористаємося наступними позначеннями:

n – кількість логістичних центрів та міст, $n = 4$.

C_{ij} – вартість призначення логістичного центру i до міста j . Вартість представлена у вигляді відстані.

x_{ij} – двійкова змінна, яка приймає значення 1, якщо логістичний центр i призначений до міста j , і 0 в іншому випадку.

Обмеження (1) - (5) щодо логістичних центрів. Кожен логістичний центр повинен бути призначений до одного міста:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1; \quad (1)$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 1; \quad (2)$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 1; \quad (3)$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 1; \quad (4)$$

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (5)$$

Обмеження (6) - (10) щодо міст. Кожне місто повинно прийняти продукти від одного логістичного центру:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 1; \quad (6)$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 1; \quad (7)$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 1; \quad (8)$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 1; \quad (9)$$

$$\forall j \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (10)$$

Обмеження 11, що x_{ij} є двійковою змінною:

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in \{1, 2, \dots, 4\}. \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Цільова функція: } & 818 \cdot x_{11} + 490 \cdot x_{12} + 557 \cdot x_{13} + 492 \cdot x_{14} + 492 \cdot x_{21} + 380 \cdot x_{22} \\ & + 302 \cdot x_{23} + 184 \cdot x_{24} + 551 \cdot x_{31} + 594 \cdot x_{32} + 359 \cdot x_{33} + 71 \cdot x_{34} + 251 \cdot x_{41} + 219 \cdot x_{42} + 85 \cdot \\ & x_{43} + 327 \cdot x_{44} \rightarrow \min \end{aligned}$$

1. Проводимо редукцію рядків та стовпців.

Км	Донецьк	Харків	Запоріжжя	Миколаїв	min
Київ	162	0	67	2	490
Кропивницький	142	196	118	0	184
Херсон	314	523	288	0	71

Дніпро	0	134	0	242	85
min	166	0	0	0	

2. Фіксуємо нульове значення у клітині (1,2). Фіксуємо нульове значення у клітині (2,4). Інші нулі у рядку 2 та стовпці 4 викреслюємо. Викреслюємо всі рядки та стовпці з нульовими елементами.

Км	Донецьк	Харків	Запоріжжя	Миколаїв
Київ	162	0	67	2
Кропивницький	142	196	118	0
Херсон	314	523	288	0
Дніпро	0	134	0	242

Оскільки кількість ліній 3, що не відповідає n , отже рішення неоптимальне.

3. Проводимо модифікацію матриці. Отримуємо скорочену матрицю, шляхом знаходження найменшого значення серед не викреслених елементів – 118, та відніманням цього значення від усіх інших елементів та додаванням його до перетинів ліній.

Км	Донецьк	Харків	Запоріжжя	Миколаїв
Київ	162	0	67	120
Кропивницький	24	78	0	0
Херсон	196	405	170	0
Дніпро	0	134	0	360

Повторюючи крок 2, визначаємо що кількість ліній, потрібна для того, щоб викреслити всі нульові елементи становить 4 і відповідає значенню n , отже рішення оптимальне.

Км	Донецьк	Харків	Запоріжжя	Миколаїв
Київ	162	0	67	120
Кропивницький	24	78	0	0

Херсон	196	405	170	0
Дніпро	0	134	0	360

Фіксуємо нульове значення у клітині (1,2). Фіксуємо нульове значення у клітині (2,3). Інші нулі у рядку 2 та стовпці 3 викреслюємо. Фіксуємо нульове значення у клітині (3,4). Фіксуємо нульове значення у клітині (4,1).

Отже, маємо наступний результат: $x_{12} = 1$, $x_{23} = 1$, $x_{34} = 1$, $x_{41} = 1$, а всі інші $x_{ij} = 0$, що задовольняє обмеження.

Отримана матриця призначення дозволяє за аналогічно розташованим елементам вихідної матриці обчислити мінімальну вартість призначення.

Цільова функція: $818*0+490*1+557*0+492*0+492*0+380*0+302*1+184*0+551*0+594*0+359*0+71*1+251*1+219*0+85*0+327*0 = 1114$ км.

Оптимальні маршрути зменшують загальну відстань перевезень до 1114 км, що є найкращим показником з можливих. Впровадження цієї методики може значно покращити ефективність логістичних операцій та забезпечити своєчасне надання допомоги в найбільш постраждалих регіонах.

Визначення цільової функції та обмежень системи

Розробимо математичну модель оптимізації для кожного маршруту R_j , позначаючи:

- R_1 – (Київ – Харків), R_2 – (Кропивницький – Запоріжжя), R_3 – (Херсон – Миколаїв), R_4 – (Дніпро – Донецьк);
- A_1 – перший тип автомобіля, A_2 – другий тип автомобіля;
- C_{ij} — вартість руху автомобіля A_i по маршруту R_j , де $i \in \{1,2\}$ та $j \in \{1,2,3,4\}$;
- W_1 – вантажопідйомність автомобіля A_1 , W_2 – вантажопідйомність автомобіля A_2 ;
- D_j – вага вантажу, який треба доставити за маршрутом R_j ;

- В – загальний бюджет;
- x_{ij} – кількість автомобілів A_i , які використовуються для перевезення по маршруту R_j .

Модель для маршруту R1:

$$Z_1 = C_{11} * x_{11} + C_{21} * x_{21}, \quad (12)$$

за умови, що:

$$W_1 * x_{11} + W_2 * x_{21} \geq D_1; \quad (13)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad (14)$$

Модель для маршруту R2:

$$Z_2 = C_{12} * x_{12} + C_{22} * x_{22}, \quad (15)$$

за умови, що:

$$W_1 * x_{12} + W_2 * x_{22} \geq D_2; \quad (16)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad (17)$$

Модель для маршруту R3:

$$Z_3 = C_{13} * x_{13} + C_{23} * x_{23}, \quad (18)$$

за умови, що:

$$W_1 * x_{13} + W_2 * x_{23} \geq D_3; \quad (19)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad (20)$$

Модель для маршруту R4:

$$Z_4 = C_{14} * x_{14} + C_{24} * x_{24}, \quad (21)$$

за умови, що:

$$W_1 * x_{14} + W_2 * x_{24} \geq D_4; \quad (22)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad (23)$$

Об'єднаємо все в одну модель.

$$Z = \sum_{j=1}^4 (C_{1j} * x_{1j} + C_{2j} * x_{2j}), \quad (24)$$

за умови, що:

$$\sum_{j=1}^4 (C_{1j} * x_{1j} + C_{2j} * x_{2j}) \leq B, \quad (25)$$

$$W_1 * x_{1j} + W_2 * x_{2j} \geq D_j, \quad \forall j \in \{1, 2, 3, 4\}; \quad (26)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad (27)$$

$$\forall j \in \{1, 2, 3, 4\}, \forall i \in \{1, 2\}. \quad (28)$$

Значення параметрів наведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Значення параметрів моделі

Rj	Cij		Dj	B	W1	W2
	A1	A2				
R1	133857,9	138038,1	27,49503	28320320	20	22
R2	62759,3	65335,7	7,7678	-	-	-
R3	24464,3	25070	1,72364	-	-	-
R4	106540,5	108681,8	4,65903	-	-	-

Джерело: складено автором на основі [11], [12]

Лінійне програмування

Виходячи з формул (24) – (28), маємо наступну математичну модель:

$$Z = 133857.9 * x_{11} + 138038.1 * x_{21} + 62759.3 * x_{12} + 65335.7 * x_{22} + 24464.3 * x_{13} + 25070 * x_{23} + 106540.5 * x_{14} + 108681.8 * x_{24} \rightarrow \min \quad (29)$$

за умови, що:

$$133857.9 * x_{11} + 138038.1 * x_{21} + 62759.3 * x_{12} + 65335.7 * x_{22} + 24464.3 * x_{13} + 25070 * x_{23} + 106540.5 * x_{14} + 108681.8 * x_{24} \leq 28320320; \quad (30)$$

$$20 * x_{11} + 22 * x_{21} \geq 27.49503; \quad (31)$$

$$20 * x_{12} + 22 * x_{22} \geq 7.7678; \quad (32)$$

$$20 * x_{13} + 22 * x_{23} \geq 1.72364; \quad (33)$$

$$20 * x_{14} + 22 * x_{24} \geq 4.65903. \quad (34)$$

Для розв'язання цієї задачі, всі нерівності повинні бути перетворені в рівності. Це досягається шляхом введення додаткових змінних та використання великого штрафного коефіцієнта M . Розглянемо кроки:

1. Перетворення загального обмеження (30). Додаємо змінну x_1 , щоб перетворити нерівність на рівність:

$$133857.9 * x_{11} + 138038.1 * x_{21} + 62759.3 * x_{12} + 65335.7 * x_{22} + 24464.3 * x_{13} + 25070 * x_{23} + 106540.5 * x_{14} + 108681.8 * x_{24} + x_1 = 28320320. \quad (35)$$

2. Перетворення обмежень типу нерівностей (31)-(34). Додаємо змінні x_2, x_3, x_4, x_5 з від'ємним знаком для кожного обмеження, змінні x_6, x_7, x_8, x_9 – штучні змінні:

$$20 * x_{11} + 22 * x_{21} - x_2 + x_6 = 27.49503; \quad (36)$$

$$20 * x_{12} + 22 * x_{22} - x_3 + x_7 = 7.7678; \quad (37)$$

$$20 * x_{13} + 22 * x_{23} - x_4 + x_8 = 1.72364; \quad (38)$$

$$20 * x_{14} + 22 * x_{24} - x_5 + x_9 = 4.65903; \quad (39)$$

3. Цільова функція:

$$Z = 133857.9 * x_{11} + 138038.1 * x_{21} + 62759.3 * x_{12} + 65335.7 * x_{22} + 24464.3 * x_{13} + 25070 * x_{23} + 106540.5 * x_{14} + 108681.8 * x_{24} + 0 * x_1 + 0 * x_2 + 0 * x_3 + 0 * x_4 + 0 * x_5 + M * x_6 + M * x_7 + M * x_8 + M * x_9 \rightarrow \min$$

(40)

де M — дуже велике число, яке штрафує за використання штучних змінних x_6, x_7, x_8, x_9 , забезпечуючи тим самим, що ці змінні прагнуть до нуля у оптимальному рішенні.

Розрахунок симплексних таблиць наведено у додатку А. Цільова функція набуває значення $Z = 220565.44$, а оптимальний план $X^* = (0; 1.25; 0; 0.35; 0; 0.08; 0; 0.21)$

Аналіз результатів:

- Маршрут R1 (Київ — Харків): використовується 1.25 автомобілів типу A2. Забезпечує достатню вантажопідйомність для перевезення 27.49503 тонн вантажу.
- Маршрут R2 (Кропивницький — Запоріжжя): використовується 0.35 автомобілів типу A2. Забезпечує достатню вантажопідйомність для перевезення 7.7678 тонн вантажу.
- Маршрут R3 (Херсон — Миколаїв): використовується 0.08 автомобілів типу A2. Забезпечує достатню вантажопідйомність для перевезення 1.72364 тонн вантажу.
- Маршрут R4 (Дніпро — Донецьк): використовується 0.21 автомобілів типу A2. Забезпечує достатню вантажопідйомність для перевезення 4.65903 тонн вантажу.

Отримане оптимальне рішення мінімізує загальну вартість перевезень до 220565.44 грн, при цьому забезпечуючи перевезення необхідних обсягів вантажу по всіх маршрутах із дотриманням заданих обмежень по вантажопідйомності та бюджету. Це підтверджує ефективність використання даної математичної моделі для планування логістичних операцій, оптимізуючи витрати на перевезення.

Проведення аналізу та оцінка ефективності запропонованих методів

- Економічна ефективність

Оптимізація логістичних операцій призводить до значного зменшення витрат. Мінімізація загальної вартості перевезень дозволяє ефективніше використовувати обмежені фінансові ресурси, що особливо важливо в умовах гуманітарної кризи.

- Операційна ефективність

Завдяки оптимізаційним методам вдається точно визначити необхідну кількість транспортних засобів для кожного маршруту, що знижує ризики перевантаження чи недовантаження. Це дозволяє оптимально використовувати вантажопідйомність автомобілів, забезпечуючи своєчасну доставку вантажів.

- Гнучкість та адаптивність

Запропонована модель оптимізації дозволяє швидко адаптуватися до змін у вимогах та умовах перевезень. Вона враховує різні обмеження та дозволяє масштабувати рішення для різних сценаріїв логістичних задач. Це забезпечує високу гнучкість та адаптивність системи, що є критично важливим у динамічних умовах гуманітарних криз.

Запропоновані підходи можуть бути успішно застосовані у реальних умовах для планування логістичних операцій, оптимізуючи витрати на перевезення та забезпечуючи своєчасне надання допомоги. Використання методів оптимізації в логістичних задачах дозволяє підвищити ефективність та надійність системи, що є ключовим фактором у контексті гуманітарних криз.

Було визначено, що ефективне логістичне планування є ключовим фактором у забезпеченні своєчасної та належної доставки гуманітарної допомоги. Це включає вибір оптимальних маршрутів, врахування відстаней, вантажопідйомності транспортних засобів та бюджетних обмежень. Використовуючи лінійне програмування, було створено модель для оптимізації перевезень, яка мінімізує загальну вартість перевезень при дотриманні всіх заданих обмежень. Застосування симплексного методу дозволило знайти оптимальні значення змінних, що забезпечують мінімальні витрати.

Пропонована математична модель лінійного програмування була успішно застосована для визначення оптимальних маршрутів та кількості транспортних засобів, необхідних для забезпечення необхідного обсягу вантажоперевезень з мінімізацією загальних витрат.

Аналіз результатів показав, що запропонована модель дозволяє ефективно використовувати обмежені фінансові ресурси, забезпечуючи своєчасну доставку продуктів медичного застосування в найбільш постраждалі регіони. Мінімізація вартості перевезень, а також точне визначення кількості транспортних засобів для

кожного маршруту дозволяють уникнути перевантаження чи недовантаження, що є критично важливим у контексті гуманітарних криз.

Отже, використання методів оптимізації у логістичних задачах гуманітарного характеру є ключовим фактором у підвищенні ефективності та надійності системи постачання. Впровадження цих підходів може значно покращити логістичні операції та забезпечити своєчасне надання допомоги в найбільш постраждалих регіонах.

ВИСНОВКИ

У цій роботі було проведено детальне дослідження та розробку методів оптимізації логістичної системи для надання гуманітарної допомоги в умовах війни в Україні. Основні результати дослідження та рекомендації можна викласти наступним чином:

1. Аналіз сучасного стану гуманітарної допомоги в секторі здоров'я України:
 - Вивчено та проаналізовано звіти великих гуманітарних організацій, таких як WHO, OCHA, HDX та інші, що підтверджують значущість та актуальність дослідження.
 - Виявлено, що понад 14,1 мільйона людей постраждали від війни, з яких 7,8 мільйона потребують гуманітарної допомоги в секторі охорони здоров'я.
 - Проведено детальний аналіз потреб у медичній допомозі в різних регіонах України, що дозволило визначити області з найвищими значеннями потребуючих допомоги.
2. Методи та засоби аналізу для реалізації ефективної оптимізації логістичної системи:
 - Проведено аналіз сучасних методів оптимізації та обрано найбільш підходящі для гуманітарної логістики.
 - Використано метод аналізу ієрархій для обґрунтування вибору пріоритетних регіонів для надання допомоги, що дозволило виділити Південний та Східний регіони як найбільш потребуючі.

- Розроблено продукційну модель для систематизації процесу доставки гуманітарної допомоги, що включає вибір типу транспорту, логістичного центру та маршруту доставки.

3. Реалізація логістичної задачі й її оптимізації:

- Побудовано математичну модель для оптимізації маршрутів доставки, враховуючи відстані між логістичними центрами та містами, вантажопідйомність транспортних засобів та бюджетні обмеження.
- Застосовано лінійне програмування для мінімізації загальної вартості перевезень, що дозволило знайти оптимальні значення змінних для забезпечення мінімальних витрат.
- Проведено детальний аналіз результатів, що підтвердив економічну та операційну ефективність запропонованих методів.

Запропоновані методи можуть бути успішно впроваджені у реальні умови для планування логістичних операцій в умовах гуманітарної кризи. Це забезпечує ефективне використання обмежених ресурсів та покращення надійності логістичної системи.

Рекомендується використовувати розроблену модель для оптимізації логістичних процесів у секторі охорони здоров'я, зокрема для планування маршрутів та розподілу ресурсів.

Доцільно впровадити запропоновані підходи у систему управління гуманітарними операціями, що дозволить підвищити ефективність та оперативність надання допомоги в умовах кризи.

Пропонується продовжити дослідження у напрямку вдосконалення методів оптимізації логістичних процесів, зокрема розробки адаптивних моделей, що враховують динамічні зміни умов та потреб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ReliefWeb - Informing humanitarian worldwide. *ReliefWeb*. URL: <https://reliefweb.int/> (date of access: 25.03.2024).
2. World Health Organization (WHO). *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://www.who.int/> (date of access: 20.03.2024).
3. Welcome - Humanitarian Data Exchange. *Welcome - Humanitarian Data Exchange*. URL: <https://data.humdata.org/> (date of access: 20.03.2024)
4. Ukraine: Inter-cluster Coordination | ReliefWeb Response. *ReliefWeb Response*. URL: <https://response.reliefweb.int/ukraine/inter-cluster-coordination> (date of access: 25.03.2024).
5. Logcluster. *Logcluster*. URL: <https://logcluster.org/en> (date of access: 30.03.2024).
6. Health Cluster, WHO. Ukraine: Health Cluster Bulletin #2 (February 2024). 2024. 12 p. URL: https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-health-cluster-bulletin-2-february-2024-enuk?_gl=1*a38exy*_ga*NjMxNTA3ODUyLjE3MTYzOTg2MTg.*_ga_E60ZN X2F68*MTcxNjQwMTc2MC4yLjAuMTcxNjQwMTc2MC42MC4wLjA (date of access: 03.04.2024).
7. WHO. Frontline oblast needs assessment. 2024. 52 p. URL: <https://www.who.int/andorra/publications/m/item/factsheet-based-on-the-data-collected-in-frontline-areas-of-dnipro-donetsk-kharkiv-kherson-mykolayiv-odesa-and-zaporizhzhya-oblasts> (date of access: 09.04.2024).
8. Ukraine: Humanitarian Needs and Response Targets - Humanitarian Data Exchange. *Welcome - Humanitarian Data Exchange*. URL: <https://data.humdata.org/dataset/ukraine-hno> (date of access: 09.04.2024).
9. LogIE. *LogIE*. URL: <https://logie.logcluster.org/?op=ukr-22-a> (date of access: 30.03.2024).
10. Drive Times Between Major Cities - MapAction. *Welcome - MapAction*. URL: <https://maps.mapaction.org/dataset/2022-ukr-001-ma037-v1> (date of access: 15.04.2024).
11. Нова пошта. Вантажні перевезення від 10 до 20 тон по Україні. *Розрахуйте вартість вантажних перевезень*. URL: https://novaposhta.ua/biznes_klientam/vantazhni_perevezennya/#calculate (дата звернення: 30.04.2024).

12. Ukraine 2024 | Financial Tracking Service. *Home* | *Financial Tracking Service*.
URL: <https://fts.unocha.org/countries/234/summary/2024> (date of access: 05.05.2024).
13. Ukraine: Health Logistics & Supply Task Team | ReliefWeb Response. *ReliefWeb Response*.
URL: <https://response.reliefweb.int/ukraine/health/ukraine-health-logistics-supply-technical-working-group> (date of access: 05.05.2024).

ДОДАТОК А. Розрахунок симплексних таблиць.

B	Cb	P	x11	x21	x12	x22	x13	x23	x14	x24	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	Q
			133857.9	138038.1	62759.3	65335.7	24464.3	25070.0	106540.5	108681.8	0	0	0	0	1	M	M	M	M	
x1	0,0	28320320	133857,9	138038,1	62759,3	65335,7	24464,3	25070,0	106540,5	108681,8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1129.65
x6	M	27.5	20	22	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	0	0	0	∞
x7	M	7.8	0	0	20	22	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	1	0	0	∞
x8	M	1.7	0	0	0	0	20	22	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0.08
x9	M	4.7	0	0	0	0	0	0	20	22	0	0	0	0	1	0	0	0	1	∞
min		41.65M	20M-133857.9	22M-138038.1	20M-62759.3	22M-65335.7	20M-24464.3	22M-25070	20M-106540.5	22M-108681.8	0	-M	-M	-M	-M	0	0	0	0	

B	Cb	P	x11	x21	x12	x22	x13	x23	x14	x24	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	Q
			133857.9	138038.1	62759.3	65335.7	24464.3	25070.0	106540.5	108681.8	0	0	0	0	1	M	M	M	M	
x1	0,0	28318355.8	133857,9	138038,1	62759,3	65335,7	1673,4	0,0	106540,5	108681,8	1	0	0	1140	1141	0	0	-1139.55	0	433.43
x6	M	27.5	20	22	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	0	0	0	∞
x7	M	7.8	0	0	20	22	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	1	0	0	0.35
x23	25070	0.1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.05	0	∞
x9	M	4.7	0	0	0	0	0	0	20	22	0	0	0	0	1	0	0	0	1	∞
min		3992M+1964.17	20M-133857.9	22M-138038.1	20M-62759.3	22M-65335.7	-1673,4	0,0	20M-106540.5	22M-108681.8	0	-M	-M	-1140	-1139	0	0	-M+1139.55	0	

B	Cb	P	x11	x21	x12	x22	x13	x23	x14	x24	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	Q
			133857.9	138038.1	62759.3	65335.7	24464.3	25070.0	106540.5	108681.8	0	0	0	0	1	M	M	M	M	
x1	0,0	28295286.99	133857,9	138038,1	3363.21	0,0	1673.39	0,0	106540.5	108681.8	1	0	2969.8	1139.55	1139.56	0	-2969.8	-1139.55	0	260.35
x6	M	45439.0	20	22	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	0	0	0	∞
x22	65335.7	0.35	0	0	0.91	1	0	0	0	0	0	0	-0.05	0	1	0	0.05	0	0	∞
x23	25070.0	0.08	0	0	0	0	0.91	1	0	0	0	0	0	-0.05	-0.06	0	0	0.05	0	∞
x9	M	24198.0	0	0	0	0	0	0	20	22	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.21
min		32.15M+480433.01	20M-133857.9	22M-138038.1	-3363.21	0,0	-1673.39	0,0	20M-106540.5	22M-108681.8	0	-M	-2969.8	-1139.55	-1139.56	0	-M+2969.8	-M+1139.55	0	

B	Cb	P	x11	x21	x12	x22	x13	x23	x14	x24	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	Q
			133857.9	138038.1	62759.3	65335.7	24464.3	25070.0	106540.5	108681.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	M	M	M	M	
x1	0	28272271,0	133857,9	138038,1	3363.21	0	1673.39	0,0	7738.86	0,0	1	0	2969.8	1139.55	4940.08	0,0	-2969.8	-1139.55	-4940.08	204.81
x6	M	45439.0	20	22	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	0	45658,0
x22	65335.7	0.35	0	0	0.91	1	0	0	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	0	0	∞
x23	25070.0	0.08	0	0	0	0	0.91	1	0	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	0	∞
x24	108681.8	0.21	0	0	0	0	0	0	0.91	1	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	∞
min		27.5M+48049	20M-133857.9	22M-138038.1	-3363.21	0	-1673.39	0	-7738.86	0	0	-M	-2969.8	-1139.55	-4940.08	0,0	-M+2969.8	-M+1139.55	-M+4940.08	

B	Cb	P	x11	x21	x12	x22	x13	x23	x14	x24	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	Q
			133857.9	138038.1	62759.3	65335.7	24464.3	25070.0	106540.5	108681.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	M	M	M	M	
x1	0,0	28099754.56	8368.72	0	3363.21	0	1673.39	0	7738.86	0	1	6274.46	2969.8	1139.55	4940.08	-6274.46	-2969.8	-1139.55	-4940.08	
x21	138038.1	45658.0	0.91	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	0	0	0	
x22	65335.7	0.35	0	0	0.91	1	0	0	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	0	0	
x23	25070.0	0.08	0	0	0	0	0.91	1	0	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	0	
x24	108681.8	0.21	0	0	0	0	0	0	0.91	1	0	0	0	0	-0.05	0	0	0	0.05	
min		220565.44	-8368.72	0	-3363.21	0	-1673.39	0	-7738.86	0	0	-6274.46	-2969.8	-1139.55	-4940.08	-M+6274.46	-M+2969.8	-M+1139.55	-M+4940.08	