

Гостьова лекція професора Ірини Лебідь

7.11.2023 р. лекцію на тему «Моделювання та оптимізація логістичної інфраструктури української транспортної системи» провела професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного



університету, професор Ірина Лебідь. На лекцію були запрошені здобувачі вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня. Лекція проведена дистанційно, на платформі ZOOM. В лекції проведено аналіз існуючих методик та нових підходів до вирішення проблем удосконалення логістичної транспортно-митної інфраструктури. Розглянуто можливості застосування методу факторно-рейтингової оптимізації для визначення місць розміщення логістичних транспортно-митних комплексів (ЛТМК) та їх територіальних зон обслуговування вантажопотоку. Наведено рекомендації

встановлення раціональної кількості таких центрів для переробки імпортного вантажопотоку продовольчих товарів; формування оптимальної структури національної мережі ЛТМК в Україні, внутрішньої функціональної структури ЛТМК, дослідження економічної обґрунтованості створення такої мережі в Україні, дослідження можливих інвестиційних джерел створення логістичної мережі. Короткий зміст лекції наведений в презентації, яка розміщена нижче.

Лекція Ірини Лебідь проводилася в межах обов'язкової освітньої компоненти «Математичне моделювання природничих процесів». Цінність лекції зумовлена, перш за все, її спрямованістю на демонстрацію конкретного практичного застосування математичного моделювання. В якості основного прикладу обрана проблема удосконалення логістичної транспортно-митної інфраструктури. При цьому не тільки вказані математичні методи, що можуть бути використані, а й описані конкретні результати та можливості їх використання. Здобувачі слухали лекцію з зацікавленням, активно приймали участь в обговоренні.



МОДЕДЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

Ірина ЛЕБІДЬ

к.т.н., професор, професор НТУ

2023

Методики розрахунку достатньої кількості ЛТМК та визначення їх оптимального місцезнаходження

Задача достатньої кількості ЛТМК та їх оптимального місцезнаходження

Підхід на основі нескінченного числа варіантів

Методика на основі пошуку центра тяжіння системи

Методика на основі пошуку мінімуму транспортної роботи

Методика на основі використання алгоритмів лінійного програмування для вирішення завдання мінімізації витрат не пов'язаних з транспортуванням

Методика розрахунку загальних витрат на провадження діяльності для кожного конкретного місця та пошук найдешевшого варіанта

Методика нарахування балів за наявність або відсутність у конкретних місць визначених характеристик

Підхід на основі реально допустимих варіантів

Методика розрахунку транспортної роботи для деяких вузлів транспортної мережі (задача єдиного середнього)

Методика визначення оптимального місця вирішенням задачі охоплення (метою є мінімізація не витрат, а часу доставки, або доставка в межах визначеного часового проміжку)

Метод пробної крапки для прямокутної мережі доріг (суть метода полягає у послідовній перевірці кожного відрізка ділянки, що обслуговується)

Метод багатofакторної оптимізації на основі реально допустимих варіантів розміщення ЛТМК. Базова модель:

1. Відібрано **165 населених пунктів України**.
2. На основі даних GPS-навігації визначено **взаємні відстані між населеними пунктами**.
3. Відносне споживання імпортного вантажопотоку продовольчих товарів за формулою:

$$W_i = P_i / P_s \times W_s$$

де: W_i – відносне споживання (потреба) імпортного вантажопотоку продовольчих товарів для i -того населеного пункту;

P_i – населення i -того населеного пункту;

P_s – загальна кількість населення обраних населених пунктів;

W_s – загальний обсяг імпортного вантажопотоку продовольчих товарів в Україну;

4. Базова модель відстаней та споживання імпортного вантажопотоку:

Населення P_i (осіб)	Потреба в імпортному вантажопотоку W_i (т)	Населений пункт	1-населений пункт	2-населений пункт	3-населений пункт	4-населений пункт	5-населений пункт	6-населений пункт	6-населений пункт	7-населений пункт		165-населений пункт
P_1	W_1	1-нас. пункт	0	$L_{2,1}$	$L_{3,1}$	$L_{4,1}$	$L_{5,1}$	$L_{6,1}$	$L_{7,1}$	$L_{8,1}$	...	$L_{165,1}$
P_2	W_2	2-нас. пункт	$L_{1,2}$	0	$L_{3,2}$	$L_{4,2}$	$L_{5,2}$	$L_{6,2}$	$L_{7,2}$	$L_{8,2}$	...	$L_{165,2}$
P_3	W_3	3-нас. пункт	$L_{1,3}$	$L_{2,3}$	0	$L_{4,3}$	$L_{5,3}$	$L_{6,3}$	$L_{7,3}$	$L_{8,3}$	...	$L_{165,3}$
P_4	W_4	4-нас. пункт	$L_{1,4}$	$L_{2,4}$	$L_{3,4}$	0	$L_{5,4}$	$L_{6,4}$	$L_{7,4}$	$L_{8,4}$	...	$L_{165,4}$
P_5	W_5	5-нас. пункт	$L_{1,5}$	$L_{2,5}$	$L_{3,5}$	$L_{4,5}$	0	$L_{6,5}$	$L_{7,5}$	$L_{8,5}$	...	$L_{165,5}$
P_6	W_6	6-нас. пункт	$L_{1,6}$	$L_{2,6}$	$L_{3,6}$	$L_{4,6}$	$L_{5,6}$	0	$L_{7,6}$	$L_{8,6}$	...	$L_{165,6}$
P_7	W_7	7-нас. пункт	$L_{1,7}$	$L_{2,7}$	$L_{3,7}$	$L_{4,7}$	$L_{5,7}$	$L_{6,7}$	0	$L_{8,7}$	...	$L_{165,7}$
P_8	W_8	8-нас. пункт	$L_{1,8}$	$L_{2,8}$	$L_{3,8}$	$L_{4,8}$	$L_{5,8}$	$L_{6,8}$	$L_{7,8}$	0	...	$L_{165,8}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0	...
P_{165}	W_{165}	165-нас. пункт	$L_{1,165}$	$L_{2,165}$	$L_{3,165}$	$L_{4,165}$	$L_{5,165}$	$L_{6,165}$	$L_{7,165}$	$L_{8,165}$	...	0

Метод багатofакторної оптимізації на основі реально допустимих варіантів розміщення ЛТМК. Факторно-рейтингова оптимізація:

1. Приведений комплексний коефіцієнт факторно-рейтингової оптимізації розраховується так:

$$K_i = (k_{i_1}q_{i_1} + k_{i_2}q_{i_2} + \dots + k_{i_j}q_{i_j} + \dots + k_{i_m}q_{i_m})/m$$

де K_i – значення комплексного коефіцієнту факторно-рейтингової оптимізації для і-ого населеного пункту;

q_{i_j} – значення фактору для і-ого населеного пункту; j – кількість факторів; $j = 1, 2, \dots, m$;

$q_{i_j} = 1$ при наявності відповідного фактору; $q_{i_j} = 0$ при відсутності фактору;

k_{i_j} – ваговий коефіцієнт впливу j -ого фактора на рейтингову оцінку населеного пункту; $0 < k_{i_j} \leq 1$;

2. Групи факторів:

Транспортні фактори	Економічні фактори	Адміністративні фактори
• доступність автошляхів міжнародного, або європейського значення; • доступність вантажного залізничного сполучення; • доступність морського порту ; • входження населеного пункту до мережі МТК; • наявність вантажного пункту пропуску через митний кордон України.	• середня вартість одного квадратного метра землі в населеному пункті; • доступність будівельних матеріалів в регіоні; • заробітна плата в регіоні; • безробіття населення в транспортній сфері в регіоні; • інвестиційна привабливість регіону.	• екологічна ситуація в населеному пункті; • рівень організованої злочинності в регіоні; • доступність митних постів в населеному пункті;

Метод багатофакторної оптимізації на основі реально допустимих варіантів розміщення ЛТМК. Постановка задачі оптимізації:

Оптимальним варіантом розміщення ЛТМК, буде населений пункт для якого виконується умова:

$$A_{i.\text{загальна}} = \sum (A_{i.1} + A_{i.2} + A_{i.3} + A_{i.4} + A_{i.5} + A_{i.6} + \dots + A_{i.165}) \rightarrow \min ,$$

де $A_{i.j}$ – уточнена транспортна робота для кожного конкретного населеного пункту, яка розраховується за формулою:

$$A_{i,j} = T_{i,j}K_i = W_iL_{i,j} \times K_i ,$$
$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq i \leq 165 \\ 0 \leq j \leq 165 \\ 0 \leq K_i \leq 1 \\ 0 < W_i < 100000 \\ A_{ij}, T_{ij}, L_{ij}, W_{ij} \geq 0 \end{array} \right.$$

де: $T_{i,j}$ - транспортна робота яка виконується під час доставки W_i тон вантажу з i -того населеного пункту в j -ий населений пункт:

$$T_{i,j} = W_iL_{i,j} ,$$

де: W_i – потреба в імпортному вантажопотоку i -того населеного пункту (т); $L_{i,j}$ – відстань між i -тим населеним пунктом та j -тим населеним пунктом (км).

Метод багатфакторної оптимізації на основі реально допустимих варіантів розміщення ЛТМК. Комп'ютерна модель:

Комп'ютерна модель розрахунку найкращого варіанту розташування ЛТМК на основі мінімізації уточненої відповідно до коефіцієнта факторно-рейтингової оптимізації, транспортної роботи виглядає наступним чином:

Населення P_i (осіб)	Потреба в імпортованому вантажопотоку W_i (т)	Населений пункт	1-населений пункт	2-населений пункт	3-населений пункт	4-населений пункт	5-населений пункт	6-населений пункт	6-населений пункт	7-населений пункт		165-населений пункт
P_1	W_1	1-нас. пункт	0	$A_{2.1}$	$A_{3.1}$	$A_{4.1}$	$A_{5.1}$	$A_{6.1}$	$A_{7.1}$	$A_{8.1}$	...	$A_{165.1}$
P_2	W_2	2-нас. пункт	$A_{1.2}$	0	$A_{3.2}$	$A_{4.2}$	$A_{5.2}$	$A_{6.2}$	$A_{7.2}$	$A_{8.2}$	...	$A_{165.2}$
P_3	W_3	3-нас. пункт	$A_{1.3}$	$A_{2.3}$	0	$A_{4.3}$	$A_{5.3}$	$A_{6.3}$	$A_{7.3}$	$A_{8.3}$	...	$A_{165.3}$
P_4	W_4	4-нас. пункт	$A_{1.4}$	$A_{2.4}$	$A_{3.4}$	0	$A_{5.4}$	$A_{6.4}$	$A_{7.4}$	$A_{8.4}$	...	$A_{165.4}$
P_5	W_5	5-нас. пункт	$A_{1.5}$	$A_{2.5}$	$A_{3.5}$	$A_{4.5}$	0	$A_{6.5}$	$A_{7.5}$	$A_{8.5}$	...	$A_{165.5}$
P_6	W_6	6-нас. пункт	$A_{1.6}$	$A_{2.6}$	$A_{3.6}$	$A_{4.6}$	$A_{5.6}$	0	$A_{7.6}$	$A_{8.6}$	...	$A_{165.6}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0	...
P_{165}	W_{165}	165-нас. пункт	$A_{1.165}$	$A_{2.165}$	$A_{3.165}$	$A_{4.165}$	$A_{5.165}$	$A_{6.165}$	$A_{7.165}$	$A_{8.165}$	...	0

Метод багатofакторної оптимізації на основі реально допустимих варіантів розміщення ЛТМК. Алгоритм:

Рівень I – 1 ЛТМК в системі:

Кропивницький

$A_{i, \text{заг.}} \rightarrow \min$

• $\max A_{i,j} = 1954482,58$ (Київ)

Рівень II – 2 ЛТМК в системі:

Київ

• $\max A_{i,j} = 1954482,58$ (за I рівнем)

Харків

• $\max A_{i,j} = 2222929,55$

■ $\max A_{i,j} = 3255200,95$ (Київ)

$A_{i, \text{заг.}} \rightarrow \min$

• $\max A_{i,j} = 2594500$ (Одеса)

Рівень III – 3 ЛТМК в системі:

Одеса

• $\max A_{i,j} = 2594500$ (за II рівнем)

Харків

• $\max A_{i,j} = 3297190,48$

Київ

• $\max A_{i,j} = 3255200,95$

■ $\max A_{i,j} = 2222929,55$ (Харків)

■ $2 - \max A_{i,j} = 1738205,78$ (Одеса)

$A_{i, \text{заг.}} \rightarrow \min$

• $\max A_{i,j} = 5008322,97$ (Львів)

Рівень IV – 4 ЛТМК в системі:

Львів

• $\max A_{i,j} = 5008322,97$ (за III рівнем)

Харків

• $\max A_{i,j} = 4706285,99$

Київ

• $3255200,95$

■ $\max A_{i,j} = 2222929,55$ (Харків)
недостатня кількість ЛТМК

Одеса

• $2 - \max A_{i,j} = 1738205,78$

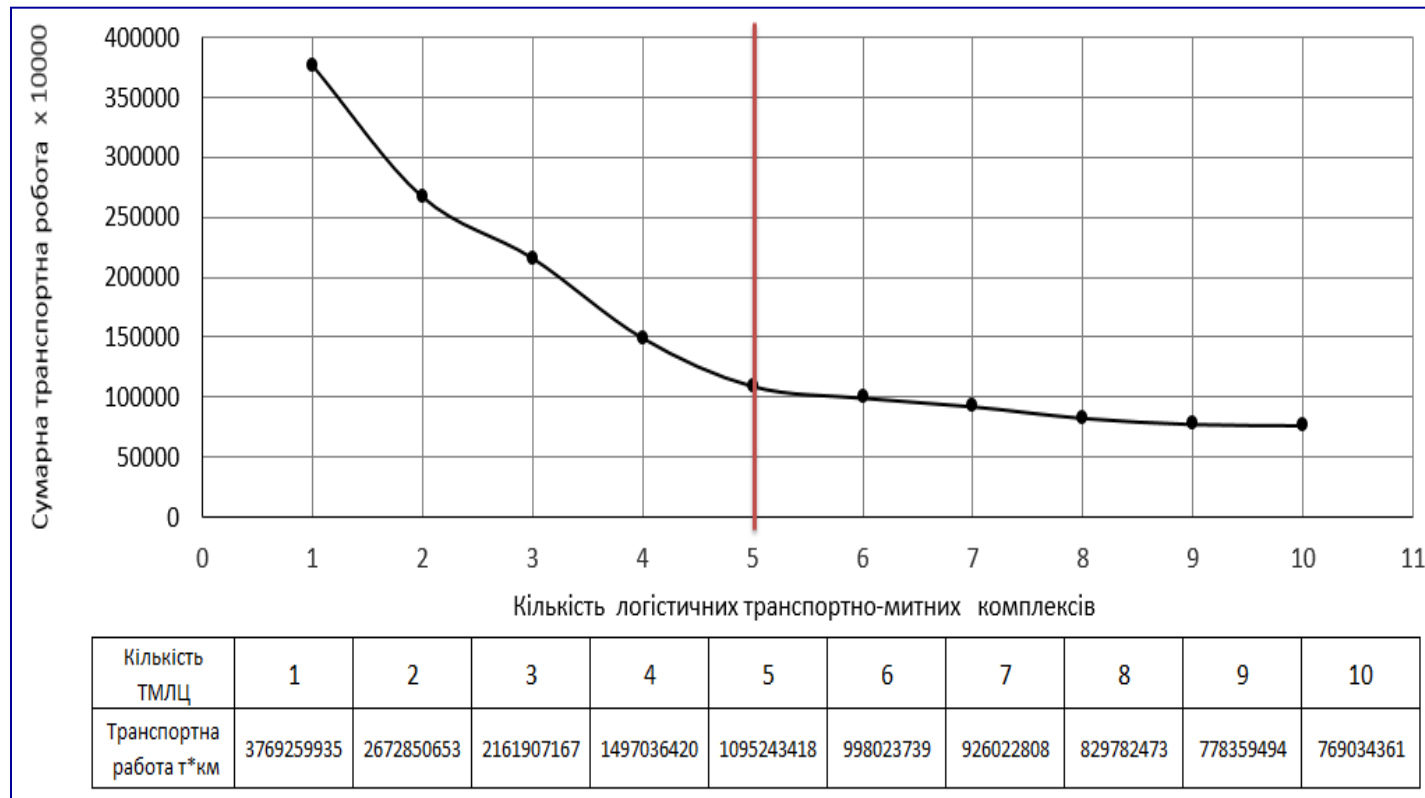
■ $\max A_{i,j} = 3297190,48$ (Харків)

$A_{i, \text{заг.}} \rightarrow \min$

• $\max A_{i,j} = 533408,5$ (Дніпро)

Метод багатофакторної оптимізації на основі реально допустимих варіантів розміщення ЛТМК. Результат для 10-ти рівнів:

1. За наведеним алгоритмом проведено розрахунки для варіантів, що передбачають функціонування 1-го, 2-х, 3-х, 4-х, 5-х, 6-х, 7-х, 8-х, 9-х, 10-х ЛТМК на всій території України.
2. Для кожного рівня також розраховано зону діяльності кожного ЛТМК шляхом мінімізації транспортної роботи $T_{i,j}$ та відповідно місткість кожного ЛТМК.
3. Залежність обсягу сумарної транспортної роботи $T_{i,j}$ від кількості ЛТМК:



Техніко-економічна оцінка результатів визначення оптимальної кількості ЛТМК та їх взаємного розташування. Розрахунок:

Оптимальною кількістю ЛТМК відповідно буде така кількість, за якої виконується наступна умова:

$$E^r_{zag} = E^r_b + E^r_{tr} \rightarrow \min,$$

де: E^r_{zag} – загальні експлуатаційні витрати на кожному рівні розрахунку;

E^r_b – сукупні витрати на будівництво необхідної кількості ЛТМК (визначеної потужності) на кожному рівні розрахунку;

E^r_{tr} – сукупні витрати на забезпечення перевезення продукції (при наявності визначеної кількості ЛТМК на кожному рівні розрахунку);

r – рівень розрахунку (в даному випадку може приймати значення від 1 до 10).

Сукупні витрати на забезпечення перевезення продукції:

$$E^r_{tr} = T^r_{i_загальна} \times G,$$

де: $T^r_{i_загальна}$ – загальна транспортна робота що виконується кожному рівні розрахунку;

G – середній тариф на перевезення 1 тони вантажу на відстань 1 км.

Сукупні витрати на будівництво необхідної кількості ЛТМК на кожному рівні визначено як сукупність витрат на будівництво кожного ЛТМК на даному рівні :

$$E^r_b = E^r_{b1} + E^r_{b2} + \dots + E^r_{br}$$

$$P_{ser} = \frac{E^{емпірична}_b \times 1000}{Q},$$

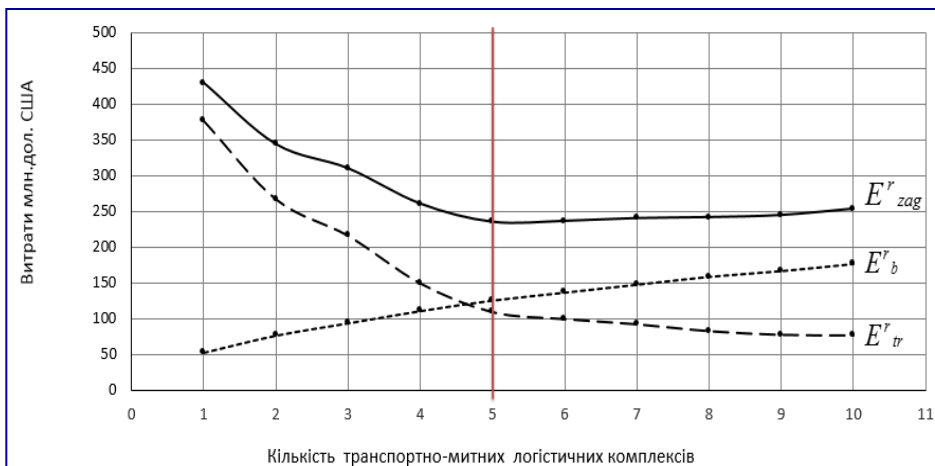
де: P_{ser} – відносна середня вартість будівництва ЛТМК для переробки 1 тис. тон вантажу;

$E^{емпірична}_b$ – вартість будівництва ЛТМК встановленого об'єму за емпіричними даними таблиці 6;

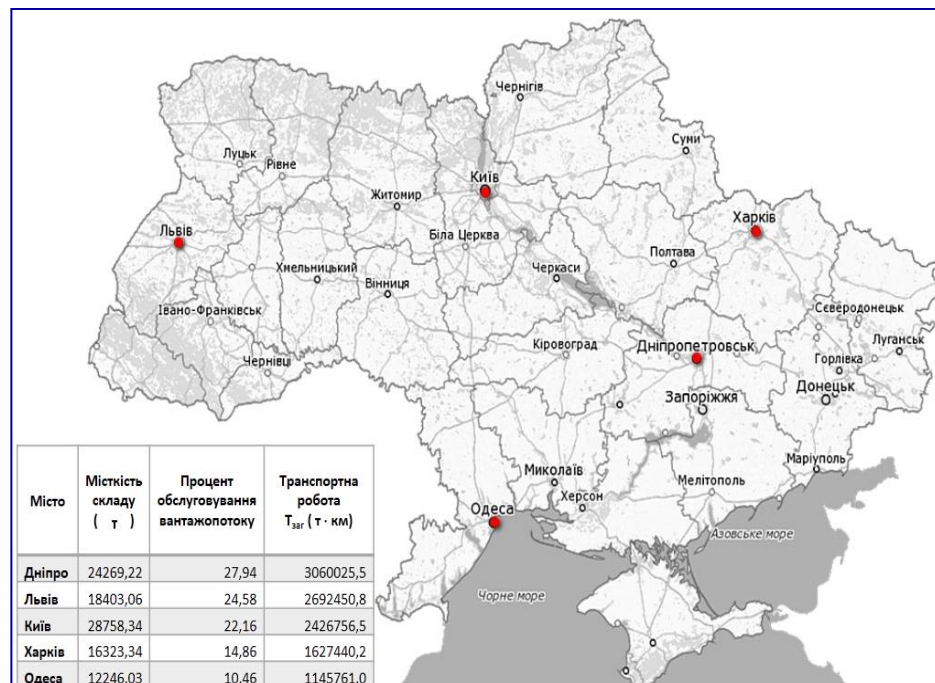
Q – об'єм зберігання вантажів в відповідному ЛТМК.

Техніко-економічна оцінка результатів визначення оптимальної кількості ЛТМК та їх взаємного розташування. Результат:

Аналіз отриманих результатів вказує, що найменше значення загальних експлуатаційних витрат відповідає структурі з 5-ти ЛТМК, що підтверджує висновки отримані за результатом аналізу динаміки зменшення сукупної транспортної роботи. Таким чином оптимальним варіантом у даному випадку є створення 5-ти ЛТМК в містах: **Київ, Дніпро, Львів, Харків, Одеса**.



Кількість ТМЛЦ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сукупна вартість будівництва	52,826	76,708	93,966	111,054	125,831	136,883	147,990	158,986	167,004	176,939
Сукупна вартість перевезення	376,926	267,285	216,191	149,704	109,524	99,802	92,602	82,978	77,836	76,903
Сукупні експлуатаційні витрати	429,752	343,993	310,157	260,758	235,356	236,685	240,593	241,965	244,840	253,843





Дякую за увагу!