МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра інформаційних технологій та авіаційних робототехнічних систем

Суркова К.В.

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Методичні рекомендації
до практичних занять
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістра
спеціальності 272 «Авіаційний транспорт»
ОПП «Льотна експлуатація повітряних суден»

Кропивницький – 2024

УДК 629.7:001.89

Рецензент:

О.Г. Данилко - доцент кафедри інформаційних технологій та авіаційних робототехнічних систем, кандидат педагогічних наук, доцент

С90

Суркова К.В.

Основи теорії прийняття рішень. Методичні рекомендації до практичних занять. 2-ге вид., переробл. і допов. Кропивницький ЛА НАУ, 2024. 79 с.

Методичні рекомендації містять необхідні матеріали для самостійного опрацювання тем і завдань дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Навчальне видання призначається для здобувачів другого освітнього рівня спеціальності 272 «Авіаційний транспорт» за освітньо-професійною програмою: «Льотна експлуатація повітряних суден».

Кількість годин відведених на практичні заняття відповідає робочій програмі з навчальної дисципліни.

Розглянуто та рекомендовано для видання і використання у освітньому процесі академії рішенням: кафедри інформаційних технологій та авіаційних робототехнічних систем, протокол № 2 від 02.09.2024,
НМР академії, протокол № 2 від 08.10.2024.

© Суркова К.В.,
2024

ЗМІСТ

Вступ		4
Тема 1	Загальна характеристика прийняття рішень. Методи прийняття рішень	5
Тема 2	Метод лінійного програмування в теорії прийняття рішень	10
Тема 3	Транспортна задача лінійного програмування	18
Тема 4	Мережеве планування і управління. Динамічне програмування	31
Тема 5	Прийняття рішень в умовах ризику	41
Тема 6	Прийняття рішень в умовах невизначеності	52
Тема 7	Експертні методи прийняття рішень	64
Тема 8	Елементи теорії ігор. Прийняття рішень в умовах конфлікту. Колективні рішення в невеликій групі	69
Список рекомендованих джерел інформації		78
Інформаційні ресурси		79

ВСТУП

Практичне заняття це одна із основних форм навчального заняття у закладі вищої освіти, на занятті проводиться детальний розгляд теоретичних положень та формуються вміння і навички їх практичного застосування шляхом індивідуального виконання здобувачами вищої освіти (ВО) практичних завдань. Заняття проводяться з тем робочої програми навчальної дисципліни і є ефективною формою закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях і під час самостійної роботи з навчальною літературою. Практичне заняття сприяє формуванню вміння вирішувати конкретні практичні завдання. Головна мета практичних занять: опанування здобувачами ВО навчальної дисципліни, забезпечення глибокого і всебічного аналізу та колективного обговорення тематики дисципліни, навчання елементам творчого застосування отриманих знань на практиці.

Контроль теоретичних знань здобувачів ВО забезпечується шляхом використання різних методів контролю: поточне опитування, тестування, виконання та здача практичних робіт, рефератів.

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень» є формування знань закономірностей прийняття рішень в різних умовах, методів і моделей пошуку рішень та навичок їх практичної реалізації у науковій та професійній діяльності з використанням комп’ютерних засобів.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Основи теорії прийняття рішень» є надання майбутнім магістрам методологічних основ прийняття рішень в складних системах керування та практики використання методів і моделей прийняття рішень в умовах повної визначеності інформації, ризику, невизначеності, конфлікту, а також забезпечити застосування комп’ютерних засобів при розв’язуванні задач прийняття рішень.

В результаті засвоєння навчального матеріалу дисципліни здобувачі ВО повинні:

Знати: основні поняття і визначення теорії прийняття рішень; етапи процесу прийняття рішень; умови прийняття рішень авіаційними операторами; основні класи задач теорії прийняття рішень; основні методи теорії прийняття рішень; психологічні аспекти поведінки людини-оператора при прийнятті рішення.

Вміти: формалізувати задачу прийняття рішень; правильно обирати метод розв’язання задачі прийняття рішень; застосувати методи математичного програмування до прийняття рішень в умовах повної визначеності професійної інформації; приймати рішення в умовах невизначеності на основі суджень експертів; використовувати методи прийняття рішень в умовах ризику; використовувати класичні критерії прийняття рішення в умовах невизначеності; моделювати та розв’язувати конфліктні ситуації методами теорії ігор; використовувати раціональну стратегію переходу від індивідуальних переваг до переваг групи; застосовувати методи теорії прийняття рішень з використанням комп’ютерних засобів.

Таблиця - Перелік тем з робочої програми, які виносяться на практичні заняття

№ з/п	Назва теми	Кількість годин на практ.заняття
1	Тема 1. Загальна характеристика прийняття рішень. Методи прийняття рішень	2
2	Тема 2. Метод лінійного програмування в теорії прийняття рішень	2
3	Тема 3. Транспортна задача лінійного програмування	2
4	Тема 4. Мережеве планування і управління. Динамічне програмування	2
5	Тема 5. Прийняття рішень в умовах ризику	2
6	Тема 6. Прийняття рішень в умовах невизначеності	2
7	Тема 7. Експертні методи прийняття рішень	2
8	Тема 8. Елементи теорії ігор. Прийняття рішень в умовах конфлікту. Колективні рішення в невеликій групі	2

Тема 1. Загальна характеристика прийняття рішень. Методи прийняття рішень

Практичне заняття 1

ПЛАН

1.1 Проблеми прийняття рішень в цивільній авіації.

1.2 Роль людського фактора в авіаційно-транспортній системі.

1.3 Основні поняття і визначення теорії прийняття рішень.

1.4 Етапи прийняття рішень. Основні процедури процесу формування рішень.

1.5 Модель проблемної ситуації. Характеристика людини, яка приймає рішення.

1.6 Класифікація задач прийняття рішень. Складність. Динаміка. Умови прийняття рішень.

1.7 Методи прийняття рішень.

1.8 Методи математичного програмування в теорії прийняття рішень. Класифікація задач математичного програмування.

Основні теоретичні відомості.

Ергатична система - людино-машинна система, що має в своєму контурі людину-оператора (Л-О) (авіаційна ергатична система - АЕС).

Прийняття рішення - це цілеспрямований вибір з множини стратегій формування послідовності дій, шляхом перетворення вхідної інформації, коли ситуація невизначена.

Альтернатива - це напрями можливої діяльності в момент прийняття рішення. Множина альтернатив - сукупність всіх можливих напрямів діяльності.

Критерій вибору - умова, що дозволяє з множини альтернатив вибрати альтернативи, які в найкращій мірі відповідають заданій меті.

Особа/людина, яка приймає рішення (ЛПР) – це людина (або група осіб), які володіють правами вибору рішення і несуть відповідальність за його наслідки.

Задача прийняття рішення (ЗПР) полягає у формуванні безлічі можливих варіантів, що забезпечують вирішення проблемної ситуації при існуючих обмеженнях, і виділення серед цих варіантів одного кращого або декількох кращих варіантів, що задовольняють пропонованим до них вимогам.

Залежно від умов, в яких приймаються рішення, методи їх обґрунтування діляться на три групи:

1) методи, що застосовуються в умовах повної визначеності інформації про ситуацію прийняття рішення. До них відносяться аналітичні методи і методи математичного програмування;

2) методи, що використовуються в умовах ймовірнісної визначеності інформації про ситуацію прийняття рішення (серед них ті ж методи математичного програмування та статистичні методи);

3) методи, що застосовуються в умовах невизначеності інформації про ситуацію прийняття рішення, серед яких розрізняють переважно теоретико-ігрові методи.

Основні поняття:

Альтернатива, критерій вибору, ергатична система, умови прийняття рішень, модель проблемної ситуації, задача прийняття рішення, методи прийняття рішень, задача математичного програмування.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики задач вибору і прийняття рішень.
2. З'ясувати поняття «людина, яка приймає рішення», модель проблемної ситуації.
3. Розглянути методи прийняття рішень.
4. Опанувати основні положення щодо методів математичного програмування.
5. Засвоїти модель задачі математичного програмування
6. За поданими темами підготувати реферат.

Питання для самоконтролю:

1. Перерахувати основні класи задач прийняття рішень.
2. Дати визначення основних понять теорії прийняття рішень.
3. Характеристика задачі прийняття рішень в умовах визначеності, невизначеності і ризику.
4. Основні процедури процесу формування рішень (дії оператора).
5. Назвіть фактори, що впливають на прийняття рішень.
6. Надайте характеристику ЛПР
7. Типи задач прийняття рішень.
8. Назвіть етапи прийняття рішень.
9. Визначення проблеми і постановка задачі прийняття рішення.
10. Назвіть методи ПР.
11. Загальна характеристика моделі математичного програмування.
12. Методи зведення багатокритеріальної задачі в однокритеріальну.

Теми рефератів:

1. Характеристика людини, яка приймає рішення в складній авіаційній системі.
2. Методи динамічного програмування (прийняття рішення про оптимальний розподіл ресурсів)
3. Основні психологічні проблеми прийняття рішень.
4. Методи імітаційного моделювання (прийняття рішення шляхом програвання різних ситуацій, аналізу відгуків системи на різні набори ресурсів, що задаються)
5. Методи зведення багатокритеріальної задачі в однокритеріальну.
6. Методи теорії розкладів (прийняття рішень за допомогою розробки

календарних розкладів виконання робіт і використання ресурсів)

7 Методи мережевого планування і управління (прийняття рішень за допомогою оцінки та перерозподілу ресурсів при виконанні проектів, зображуваних мережевими графіками)

8. Фактори, що впливають на прийняття рішень Л-О в складній системі

9. Методи експертних оцінок (прийняття рішень в умовах невизначеності за допомогою суджень експертів)

10. Нейронні мережі в прийнятті рішень.

11. Методи теорії ігор (прийняття рішень за допомогою визначення стратегії в тих чи інших завданнях)

12. Особистісні чинники людини-оператора, що впливають на прийняття рішень.

13. Загальна схема прийняття рішень.

14. Методи теорії масового обслуговування (прийняття рішення в системі з випадковим характером надходження і обслуговування заявок на ресурси)

15. Послідовність розв'язання задачі математичного програмування.

16. Класифікація задач математичного програмування.

17. Методи багатокритеріальної (векторної) оптимізації (прийняття рішень за умови існування багатьох критеріїв оптимальності рішення)

18. Виявлення проблемної ситуації та постановка задачі прийняття рішення.

19. Методи лінійного програмування в теорії прийняття рішень.

20. Вимоги ICAO до кваліфікацій авіафахівців стосовно вміння «приймати правильні рішення».

21. Основні поняття та категорії теорії прийняття рішень.

22. Проблеми прийняття рішень людиною-оператором авіаційної системи.

23. Штучний інтелект і прийняття рішень.

24. Класифікація видів невизначеностей при прийнятті рішень.

25. Методи згортки багатокритеріальної задачі в однокритеріальну.

26. Умови прийняття рішень в складних технічних системах.

27. Огляд методів оптимізації та їх математична основа

28. Ризиковані рішення: прийняття рішень при урахуванні ймовірностей подій.

Рекомендована література:

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.

2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.

3. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах: монографія / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, В.Д. Пархоменко, В.О. Липчанський; за наук. ред. О. М. Реви. Київ : УкрІНТЕІ,

2019. 166 с.
4. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
5. Doc 9859. Керівництво з управління безпекою польотів. Safety Management Manual (SMM). ICAO. URL: https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-GUY/Doc%209859%20SMM%20Third%20edition%20en.pdf
6. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Chapter 2 Aeronautical Decision-Making. U.S. Department of Transportation. Federal aviation administration. Flight Standards Service, 2023. 522 p. URL: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/faa-h-8083-25c.pdf
7. The Manual Airport CDM Implementation. Version 5.0. Brussels, Belgium: European Organization for the Safety of Air Navigation, 2017. 363 p. URL: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/airport-cdm-manual-2017.PDF

Тема 2. Метод лінійного програмування в теорії прийняття рішень
Практичне заняття 2

ПЛАН

2.1 Постановка задачі лінійного програмування. Типові задачі лінійного програмування.

2.3 Методи вирішення задач лінійного програмування.

2.4 Формулювання основної задачі лінійного програмування. Опорний і оптимальний плани задачі лінійного програмування.

2.5 Геометрична інтерпретація і графічний спосіб вирішення задач лінійного програмування.

2.6 MS EXCEL в рішенні задач лінійного програмування.

Основні теоретичні відомості

Якщо функція L залежить лінійно від змінних x_1, x_2, ... x_n, а обмеження, що накладаються на значення x_1, x_2, ... x_n, мають вигляд лінійних рівностей або нерівностей, виникає задача лінійного програмування (ЛП), яка вирішується стандартними методами

Задача лінійного програмування - це вибір з множини допустимих планів найбільш вигідного (оптимального).

Кожна задача лінійного програмування включає в себе цільову функцію, систему обмежень і допустимий (оптимальний) план, умови і ін.

Цільова функція - це функція, що зв'язує мету (змінну, що оптимізуються) з керованими змінними в задачі оптимізації.

Система обмежень - це сукупність обмежень, яким цільова функція повинна задовольняти в ході всього виконання задачі.

Якщо загальне число керованих змінних задачі ЛП дорівнює 2, або ж задачу можна звести до відповідної задачі з 2-ма керованими змінними, то такі задачі можна вирішити графічним методом.

Графічний метод рішення задачі ЛП істотно наочніше і зазвичай простіше для розуміння і вирішення (хоча займає багато часу, так як вимагає ретельного побудови графіків). Також цей метод дозволяє практично одночасно знайти рішення на мінімум і максимум.

Симплекс-метод практично не має обмежень на задачі (скільки завгодно змінних, різні знаки і т.п.) і модифікується в залежності від типу задачі

Робота з даними в Excel надає можливість повноцінного аналізу даних. Для розв’язання задач з декількома невідомими, що впливають на результат, використовується надбудова Excel «Пошук рішення». Дана надбудова дозволяє:

- вказувати декілька комірок, що змінюються;
- вказувати обмеження на значення комірок змінних;
- знаходити рішення, при якому значення цільової функції: певної комірки робочого аркушу, буде досягати екстремального значення (максимуму або мінімуму);
- отримувати декілька рішень задачі.

Основні поняття:

Задача лінійного програмування, цільова функція, симплекс-метод, основна задача лінійного програмування, графічний спосіб вирішення задач лінійного програмування.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики методу лінійного програмування.
2. З'ясувати поняття основної задачі лінійного програмування.
3. Опанувати методи вирішення задач лінійного програмування.
4. Засвоїти модель задачі лінійного програмування
5. Виробити навички вирішення задач лінійного програмування графічним методом. Ознайомитись з прикладом рішення задачі ЛП:

Задача про закупівлю комп'ютерів

Організації необхідно придбати персональні комп'ютери (ПК) двох типів: А та Б. Вихідні дані задачі приведені в таблиці. Вартість А – 1 тис.у.о. за штуку, вартість Б – 1,5 тис. у.о. за штуку. Очікуваний дохід від експлуатації ПК типу А – 2,5 тис.у.о., типу Б – 3 тис. у.о. Максимальна кількість робочих місць – 25. На придбання ПК виділено 30 тис. у.о. Визначити кількість комп'ютерів кожного типу необхідно придбати, щоб прибуток від їх використання був максимальним.

	Комп'ютери		Обмеження
	Тип А	Тип Б	
Місткість	1	1	≤ 25
Вартість тис у.о.	1	1,5	≤ 30
Прибуток тис у.о.	2,5	3	

1. Знаходження математичної постановки даної задачі

Позначимо x_1 та x_2 – кількість комп'ютерів типів А та Б, яку необхідно придбати. По-перше, повинні виконуватися наступні обмеження:

- на місткість: $x_1 + x_2 \leq 25$
- на капітал: $x_1+1{,}5x_2 \leq 30$.

По-друге, прибуток від експлуатації ПК повинен бути максимальним:

$$2{,}5x_1+3x_2 \rightarrow \max$$

Математична постановка задачі має вигляд:

$$L=2{,}5x_1+3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 25 \\ x_1 + 1{,}5x_2 \leq 30 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0$$

x_1 та x_2 – цілі числа

В загальному вигляді:

$$L = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \le в_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \le в_2 \end{cases}$$

$$x_1, x_2 \ge 0,\ x_1 \text{ та } x_2 – \text{цілі числа}$$

2. Графічне розв’язання задачі

Перетворимо цільову функцію та систему нерівностей у відповідні рівності для побудови графіків функцій. Побудуємо графіки, що відповідають рівностям, за даними таблиці

Рівності	Змінні		Позначення прямих на Рис. 1
	x_1	x_2	
$x_1 + x_2 = 25$	0	25	(1)
	25	0	
$x_1 + 1{,}5x_2 = 30$	0	20	(2)
	30	0	
$L=2{,}5x_1 + 3x_2 = 15$	0	5	(3)
	6	0	

Переміщуючи пряму L = 15 в направленні зростання функції L, $L \rightarrow \max$, (рисунок 1), помітимо що максимальне значення в області допустимих значень (ОДЗ), що обмежена нерівностями, функція L отримає в одній з точок: A, B (25;0) чи C (0;20). Визначимо значення цільової функції L в цих точках та оберемо з них максимальні значення: $L=2{,}5x_1+3x_2$

$$L(B) = 2{,}5\cdot 25 + 3\cdot 0 = 62{,}5$$

$$L(C) = 2{,}5\cdot 0 + 3\cdot 20 = 60$$

Координати точки A (рис. 2.1) визначимо під час розв’язання системи рівнянь:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 25 \\ x_1 + 1{,}5x_2 = 30 \end{cases}$$

$$0{,}5x_2 = 5$$

$$x_2 = 10$$

$$x_1 = 25 – 10 = 15;$$

$$L(A) = 2{,}5\cdot 15 + 3\cdot 10 = 67{,}5$$

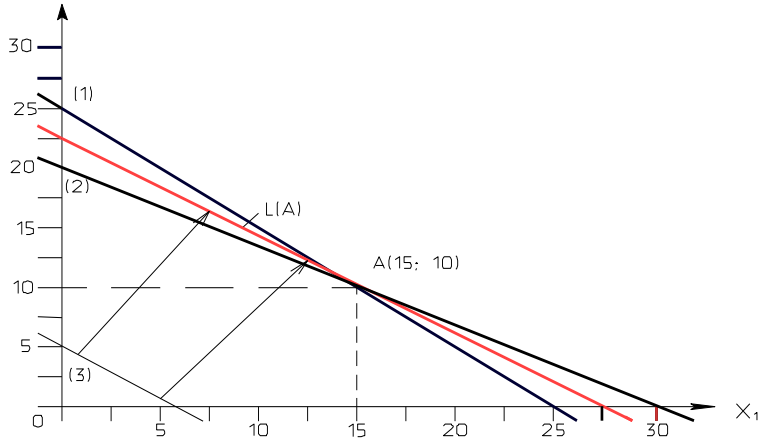


Рисунок 2.1 - Графічна інтерпретація задачі про закупівлю комп’ютерів

Максимальне значення цільової функції L = 67,5 знаходиться в точці А (15;10).

Відповідь: оптимальна кількість комп'ютерів типу А, яку необхідно придбати – 15 штук, типу Б – 10 штук. При цьому максимальний прибуток від експлуатації комп'ютерів обох типів складає 67,5 тис. у.о.

6. Розв'язати задачу про закупівлю комп'ютерів графічним методом. Варіанти для самостійного розв'язання задачі графічним методом (табл 2.1).

7. Використання симплексного методу при розв'язуванні задач ЛП програмним забезпеченням Excel. Розглянемо приклад такого розв'язку.

Приклад вирішення симплекс-методом задачі ЛП за допомогою Microsoft Excel

Математична постановка задачі має вигляд:

$$L=2{,}5x_1+3x_2 \longrightarrow \max$$

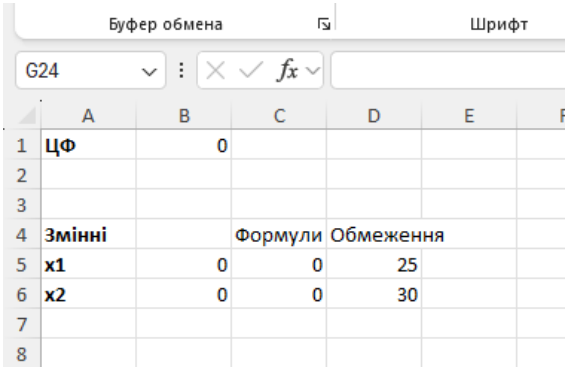
$$\begin{cases} x_1 + x_2 \le 25 \\ x_1 + 1{,}5x_2 \le 30 \end{cases}$$

$$x_1 \ge 0,\ x_2 \ge 0$$

x_1 та x_2 – цілі числа

1. Введіть дані в Excel:

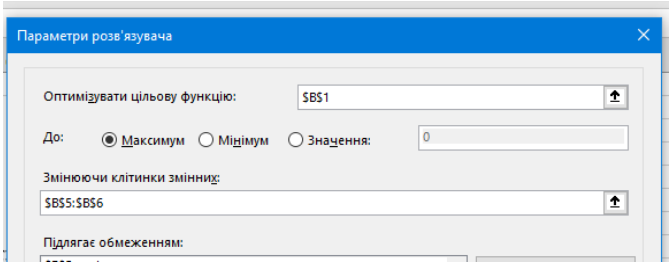
- Введіть у комірки наступне:
  - у клітинку (A1): "Цільова функція (L)"
  - у клітинку (B1): формула для цільової функції: =2,5*B5 + 3*B6
  - у клітинки (A4), (C4), (D4): Змінні Формули Обмеження
  - у клітинку (A5): "x_1", (A6): "x_2"
  - у клітинки (B5) та (B6): початкові значення (x_1) та (x_2) (ввести 0).
  - у клітинки (C5) і (C6): формули для обмежень:
- у (C5): =B5 + B6
- у (C6): =B5 + 1,5*B6
  - у клітинки (D5) і (D6): відповідні праві частини обмежень, тобто 25 і 30 відповідно.



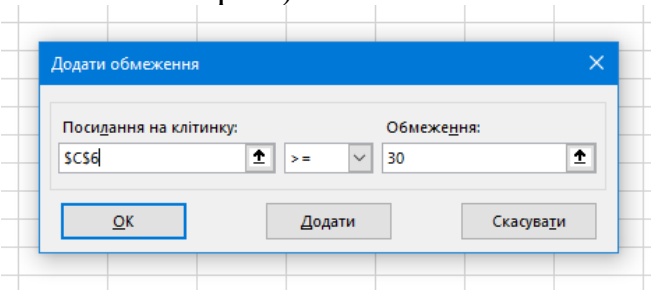
2. Відкрийте Розв'язувач /Пошук розв'язку:

- Перейдіть до вкладки Дані (Data) → Аналіз → Розв’язувач /Пошук розв'язку (Solver). Якщо Solver не встановлено, потрібно додати його в Excel через Файл → Параметри → Надбудови.

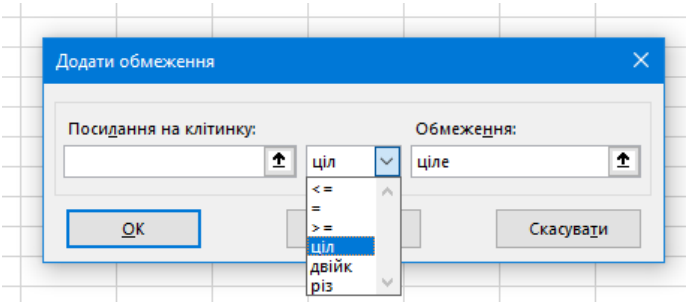
3. Налаштування Розв’язувач/ Пошуку розв'язку:
- Встановіть Цільову функцію (Set Objective) у комірку (B1) (де введена формула для L).
- Виберіть Максимізація (Max).



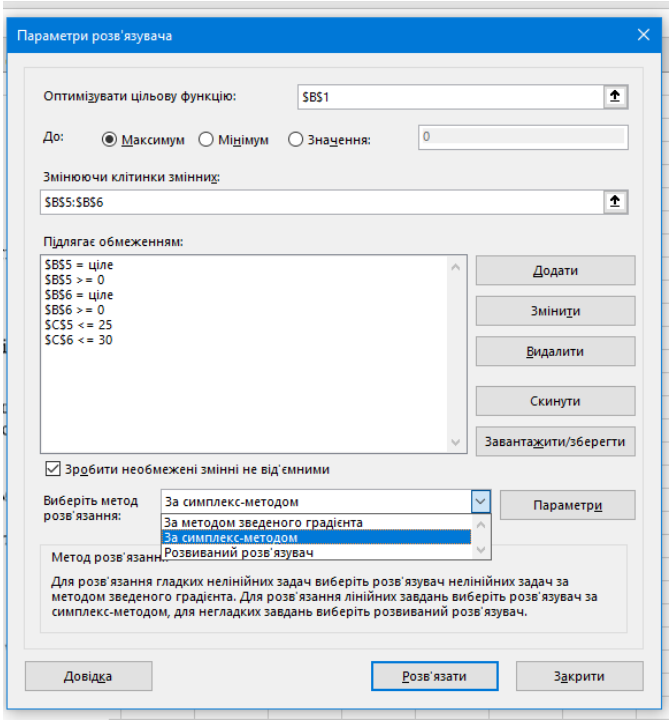
- У полі Змінювані комірки (By Changing Variable Cells) вкажіть комірки (B5) та (B6) (де знаходяться змінні (x_1) та (x_2)).
- Додайте Обмеження (Constraints) за допомогою кнопки Додати (Add):
  - Обмеження 1: (B5 + B6 leq 25)
  - Обмеження 2: (B5 + 1.5*B6 leq 30)



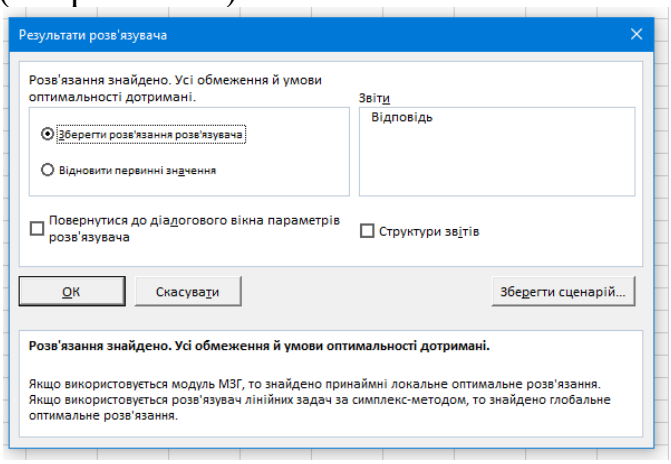
  - Обмеження для цілочисельних значень: встановіть тип обмеження на цілі числа для (B5) і (B6).



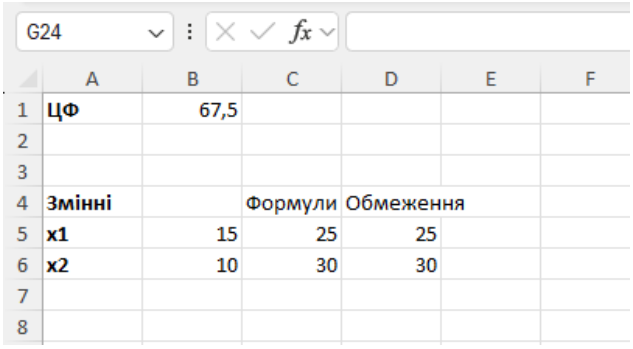
  - Обмеження для невід'ємних значень: встановіть (B5 geq 0) і (B6 geq 0).
- Виберіть метод Симплекс LP.



4. Запустіть Пошук розв'язку:
- Натисніть ОК або Розв'язати (Solve) для запуску.
- Після завершення роботи Розв’язувач /Solver, у діалоговому вікні виберіть Зберегти розв'язок (Keep Solution).



Розв’язувач /Solver знайде оптимальні значення (x_1) і (x_2) для максимізації функції (L) з урахуванням заданих обмежень.



	A	B	C	D	E	F
1	**ЦФ**	67,5				
2						
3						
4	**Змінні**		Формули	Обмеження		
5	**x1**	15	25	25		
6	**x2**	10	30	30		
7						
8						

8. Вирішити задачу про закупівлю комп'ютерів за допомогою програмного забезпечення Excel за варіантами (табл 2.1).

Таблиця 2.1 - Чисельні значення коефіцієнтів: a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, $в_1$, $в_2$, c_1, c_2 для задачі про закупівлю комп'ютерів

№ варіанта	Коефіцієнти в математичній моделі задачі							
	c_1	c_2	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	$в_1$	$в_2$
1	2,7	1,4	1	1	1,5	2,1	24	30
2	2,8	1,2	1	1	1,6	2,3	25	34
3	1,5	1,6	1	1	1,3	2,4	30	32
4	1,6	1,5	1	1	1,2	2,2	28	30
5	1,8	1,4	1	1	1,4	2,1	29	32
6	1,7	1,6	1	1	1,1	2,2	30	36
7	1,4	1,8	1	1	1,0	2,0	26	30
8	1,8	1,1	1	1	1,2	2,2	24	34
9	2,0	1,0	1	1	1,5	2,5	26	32
10	2,2	1,5	1	1	1,3	2,8	28	34
11	2,1	1,2	1	1	1,4	2,7	26	35
12	2,3	1,4	1	1	1,3	2,6	24	36
13	2,4	1,8	1	1	1,2	2,3	28	30
14	2,6	2,1	1	1	1,1	2,4	30	32
15	2,5	2,3	1	1	1,2	2,1	32	34
16	1,2	2,5	1	1	0,9	2,9	22	38
17	1,9	2,0	1	1	1,8	3,3	25	28
18	2,9	3,1	1	1	2,1	3,1	20	26
19	3,8	2,2	1	1	2,5	3,5	34	40
20	3,1	2,4	1	1	1,9	3,0	36	30

Питання для самоконтролю:

1. Характеристика цільової функції в ЛП.
2. Математична модель задачі ЛП.
3. Типові задачі лінійного програмування.
4. Назвіть етапи побудови моделі ЗЛП.
5. Охарактеризуйте методи вирішення задач лінійного програмування.
6. Формулювання основної задачі лінійного програмування.
7. Наведіть приклади зведення задач ЛП до основної ЗЛП.
8. Опорний і оптимальний плани задачі лінійного програмування.
9. Характеристика графічного способу розв'язання задач ЛП.
10. Алгоритм графічного методу розв'язання ЗЛП.
11. Основні кроки по вирішенню ЗЛП графічним методом.
12. Як побудувати область допустимих рішень ЗЛП?
13. Які ситуації можуть виникати при вирішенні задач ЛП графічним способом?
14. Поясніть термін «лінійне програмування».
15. Аналіз результатів рішення задач ЛП.

Рекомендована література:

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.
2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
3. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
4. Яцько О.М., Томка Ю.Я. Дослідження операцій та теорія ігор. Навчально-методичний посібник. Чернівці: Технодрук, 2023. 392 с.

Тема 3. Транспортна задача лінійного програмування

Практичне заняття 3

ПЛАН

3.1 Транспортна задача як окремий клас лінійного програмування. Типові задачі транспортного виду.

3.2 Модель транспортної задачі.

3.3 Методи вирішення транспортної задачі (метод північно-західного кута, метод потенціалів).

3.4 Задача оптимального кадрового розподілу (задача про призначення). Постановка задачі. Математична модель.

3.5 Угорський метод рішення задачі про призначення.

3.6 MS EXCEL у вирішенні транспортних задач.

Основні теоретичні відомості

Транспортна задача (ТЗ) - спеціальний клас задач лінійного програмування. Ці задачі часто описують переміщення (перевезення) будь-якого товару з пункту відправлення (ПВ) в пункт призначення (ПП).

Призначення ТЗ - визначення обсягів перевезень з пунктів відправлення в пункти призначення з мінімальною сумарною вартістю перевезень. При цьому повинні враховуватися обмеження, що накладаються на обсяги вантажів, наявних в ПВ (пропозиція), і обмеження, що враховують потребу вантажів в ПП (попит).

Основні властивості закритої транспортної задачі:

1. Задача в будь-якому випадку допустима і розв'язувана.

2. Серед рівнянь - обмежень лише $m + n - 1$ лінійно незалежні.

3. Якщо в ТЗ все числа a_i ($i = 1,2, ..., m$) і b_j ($j = 1,2, ..., n$) цілі, то хоча б одне оптимальне рішення задачі цілочисельне.

Особливістю ТЗ є те, що всі коефіцієнти в обмеженнях дорівнюють одиниці. Це дозволяє вирішувати задачу більш простим способом, за допомогою так званої транспортної таблиці

Задача про призначення - окремий випадок ТЗ. Є m робіт, які потрібно розподілити між n виконавцями. Відомі показники ефективності (c_{ij}) виконання і-м виконавцем j-ой роботи. Потрібно розподілити роботи між виконавцями так, щоб:

1. Всі роботи були виконані.

2. Всі виконавці були задіяні.

3. Для виконання кожної роботи був використаний тільки один виконавець.

4. Ефективність виконання всього комплексу робіт була максимальною (або витрати на виконання комплексу були мінімальними).

У задачі про призначення кількість пунктів відправлення дорівнює кількості пунктів призначення (кількість ПВ=ПП). Обсяги попиту і пропозиції в кожному з пунктів призначення і відправлення рівні 1. Прикладом типової задачі про призначення є розподіл працівників по різним видам робіт, що мінімізує сумарний час виконання робіт.

Задача про призначення має місце при призначенні людей на посади або роботи, транспортних засобів на маршрути, при розподілі навчальних груп по аудиторіях, наукових тем з науково-дослідним лабораторіям і т.п.

Для вирішення транспортної задачі в Microsoft Excel використовується інструмент «Пошук рішення». Послідовність рішення транспортної задачі засобами MS EXCEL передбачає виконання таких же завдань, як і для рішення ЗЛП: створення математичної моделі задачі, створення та заповнення електронної форми задачі, робота з інструментом «Пошук рішення»; отримання результату та його аналіз.

Основні поняття:

Транспортна задача, закрита (збалансована) транспортна задача, метод північно-західного кута, метод потенціалів, задача про призначення, угорський метод розв'язання транспортної задачі.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики транспортної задачі як окремого класу лінійного програмування.
2. З’ясувати поняття закритої транспортної задачі.
3. Опанувати методи вирішення задачі транспортного типу.
4. Засвоїти модель транспортної задачі
5. Ознайомитись з прикладом рішення ТЗ.

Задача

Нехай потрібно доставити 14 одиниць вантажу зі складу 1 і 11 одиниць вантажу зі складу 2. Причому в 1-й пункт призначення повинно бути відправлено 7 одиниць вантажу, у 2-й - 8, в 3-й - 10. Витрати на доставку відображені в табл.

Необхідно визначити, скільки одиниць товару потрібно відправити з кожного складу в кожен пункт призначення, щоб витрати на перевезення були мінімальними.

Складання транспортної таблиці

Пункти відправлення	Пункти призначення			*Пропозиція*
	1	2	3	
Склад 1	9 x_{11}	5 x_{12}	7 x_{13}	14
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	11
Попит	7	8	10	

Знаходження опорного рішення транспортної задачі

Метод північно-західного кута

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	9 **7**	5 **7**	7	14
Склад 2	8	6 **1**	10 **10**	11
Попит	7	8	10	

Вартість перевезень для опорного рішення дорівнює:

$\boldsymbol{L} = 7 \cdot 9 + 7 \cdot 5 + 1 \cdot 6 + 10 \cdot 10 = 204$ у.о.

Знаходження оптимального рішення транспортної задачі:

Транспортну задачу можна вирішувати симплекс-методом, але існує більш простий - метод потенціалів.

Вирішимо задачу, використовуючи опорний рішення, отримане методом північно-західного кута. Алгоритм знаходження оптимального рішення транспортної задачі методом потенціалів:

1. Зіставляємо кожному пункту відправлення деяку величину Ui - потенціал і-го пункту відправлення, а кожний пункт призначення - деяку величину Vj - потенціал j-того пункту призначення

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція	
	1	2	3		
Склад 1	9 **7**	5 **7**	7	14	$\mathbf{U_1}$
Склад 2	8	6 **1**	10 **10**	11	$\mathbf{U_2}$
Попит	7	8	10		
	$\mathbf{V_1}$	$\mathbf{V_2}$	$\mathbf{V_3}$		

2. Для кожної заповненої комірки транспортної таблиці (для базисних змінних) складаємо рівняння, пов'язані з вартістю:

$\boldsymbol{U_i + V_j = C_{ij}}$.

Щоб знайти значення потенціалів з цієї системи рівнянь, потрібно присвоїти одному з них довільне значення (наприклад, $\mathbf{U_1 = 1}$) і потім послідовно обчислювати значення інших потенціалів

Базисні змінні	Рівняння щодо потенціалів	*Рішення*
x_{12}	$U_1 + V_2 = 5$	$\mathbf{U_1=1}$ $V_2=4$
x_{22}	$U_2 + V_2 = 6$	$V_2=4$ $U_2=2$
x_{11}	$U_1 + V_1 = 9$	$U_1=1$ $V_1=8$
x_{23}	$U_2 + V_3 = 10$	$U_2=2$ $V_3=8$

У підсумку маємо:
$U_1=1, U_2=2;$
$V_1=8, V_2=4, V_3=8.$

3. Використовуючи обчислені значення потенціалів, знайдемо непряму вартість для порожніх клітин транспортної таблиці (для небазисних змінних):

$$C'_{21} = U_2 + V_1 = 2 + 8 = 10$$

$$C'_{13} = U_1 + V_3 = 1 + 8 = 9$$

4. Знайдемо різниці між дійсною і непрямими вартостями:

$$C_{13} - C'_{13} = 7 - 9 = -2 < 0$$

$$C_{21} - C'_{21} = 8 - 10 = -2 < 0$$

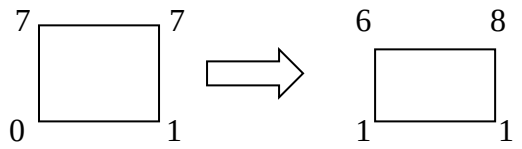
Якщо всі різниці є від'ємними, то знаходимо цикл перерахунку та виконуємо за ним здвиг.

Будуємо подумки прямокутник з вершиною в порожній клітинці та іншими вершинами в заповнених клітинках.

7**.** **.** 7

0 **.** **.**1

Перерахунок виконуємо наступним чином, обираємо менший елемент серед діагональних, додаємо його до елементів на іншій діагоналі та віднімаємо з парного діагонального елементу.



$$\min\left\{1;\ 7\right\} = 1$$

	1	2	3		
1	**6**	**8**		14	U_1
2	**1**	**0**	10	11	U_2
	7	8	10		
	V_1	V_2	V_3		

Перевіряємо чи це рішення оптимальне:

$U_1 + V_1 = 9$ $\quad V_1 = 8$
$U_1 + V_2 = 6$ $\quad V_2 = 5$
$V_1 + U_2 = 8$ $\quad U_2 = 0$
$V_3 + U_2 = 10$ $\quad V_3 = 10$

$$C'_{13} = U_1 + V_2 = 0 + 5 = 5; \quad C'_{22} = U_2 + V_2 = 0 + 5 = 5;$$
$$C_{13} - C'_{13} = 7 - 11 = -4 < 0; \quad C_{22} - C'_{22} = 6 - 5 = 1 > 0.$$

	1	2	3		
1	0	8	6	14	U_1
2	7		4	11	U_2
	7	8	10		
	V_1	V_2	V_3		

$6.^{\min}$ $.^{0+6}$ $\min\{6;10\}6$

$1+6^{\cdot}$ $\quad {}^{\cdot}_{10-6}$

$U_1 + V_2 = 6$ $\quad U_1 = 1$
$U_1 + V_3 = 7$ $\quad V_2 = 5$
$V_1 + U_2 = 8$ $\quad V_3 = 6$
$V2 + U_2 = 10$ $\quad V_1 = 4$
$U_2 = 4$

$$C'_{11} = U_1 + V_1 = 5; \quad C_{11} - C'_{11} = 9 - 5 = 4 > 0.$$
$$C'_{22} = U_2 + V_2 = 9; \quad C_{22} - C'_{22} = 6 - 9 = -2 < 0.$$

	1	2	3		
1		4	10	U_1	14
2	7	4	0	U_2	11
	7	8	10		
	V_1	V_2	V_3		

$U_1 + V_2 = 6$ $\quad V_2 = 5$
$U_1 + V_3 = 7$ $\quad V_3 = 6$
$V_1 + U_2 = 8$ $\quad U_1 = 6$
$U_2 = 2$

$$C'_{11} = U_1 + V_1 = 1 + 6 = 7 \qquad C_{11} - C'_{11} = 9 - 7 = 2 > 0.$$
$$C'_{23} = U_2 + V_3 = 2 + 6 = 8 \qquad C_{23} - C'_{23} = 10 - 8 = 2 > 0.$$

6. Самостійно розв’язати ТЗ методом північно-західного кута, методом потенціалів за варіантами в пункті 8.

7. Використання симплексного методу при розв’язуванні транспортних задач програмним забезпеченням Excel. Розглянемо приклад такого розв’язку.

Приклад вирішення симплекс-методом ТЗ за допомогою Microsoft Excel

Вхідні дані:

Пункти відправлення	Пункти призначення			*Пропозиція*
	1	2	3	
Склад 1	9 x_{11}	5 x_{12}	10 x_{13}	14
Склад 2	11 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	11
Попит	7	8	10	

1. Введіть дані в Excel:

- Введіть у комірки наступне:

- у клітинку (G1): “Цільова функція (L)”

- У клітинку (H1): формула для цільової функції (=B3*B11+C3*C11+D3*D11+B4*B12+C4*C12+D4*D12)

- у клітинки (A1, A9), (B1, B9): “Пункти відправлення”, “Пункти призначення”

- у клітинки (A3, A11), (A4, A12), (A5, A14): “Склад 1”, “Склад 2”, “Попит”

- у клітинки (B2, B10), (C2, C10), (D2, D10): “1”, “2”, “3”

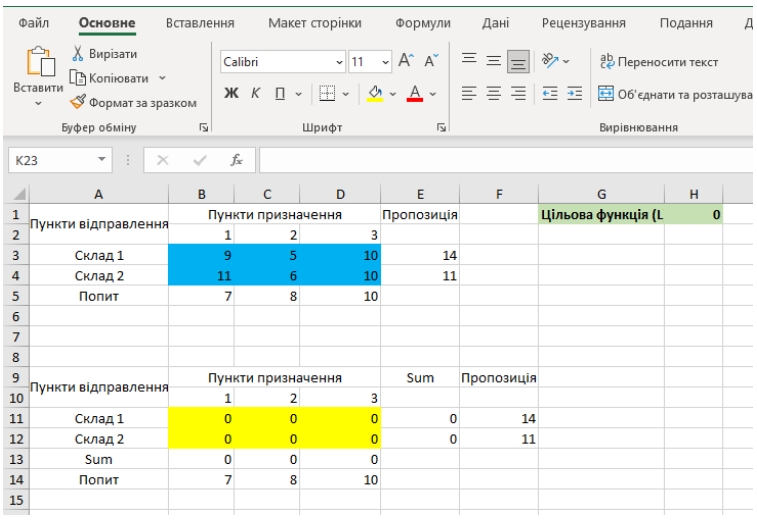
- у клітинки (A13, E9): “Sum”

- у клітинки (E3, E4; F11, F12) та (B5, C5, D5; B14, C14, D14): значення пропозиції (14 та 11 відповідно) та попиту (7, 8 та 10 відповідно)

- у клітинки E11, E12, B13, C13, D13: (E11 = B11 + C11 + D11; E12 = B12 + C12 + D12), (B13 = B11 + B12), (C13 = C11 + C12), (D13 = D11 + D12)

- у клітинки (B3, C3, D3, B4, C4, D4): коефіцієнти (вартість одного перевезення з конкретного пункту відправлення до конкретного пункту призначення)

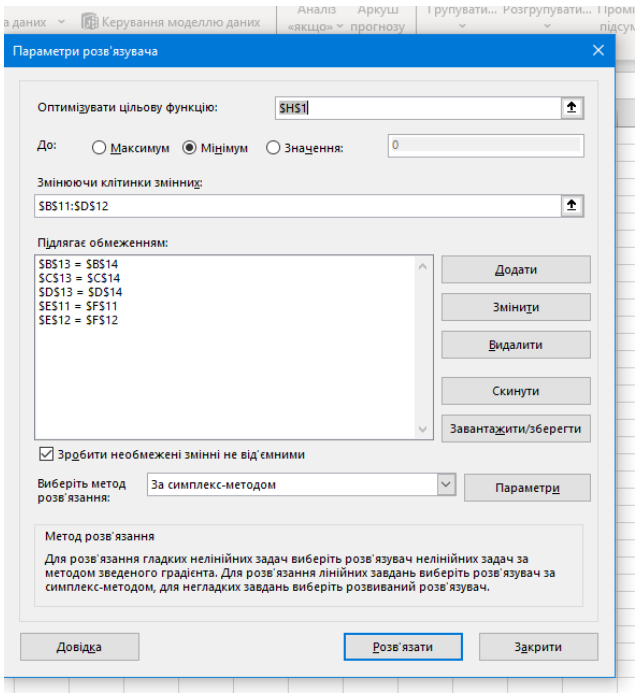
- у клітинки (B11, C11, D11, B12, C12, D12): початкові значення (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23}) (можна ввести 0)



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція		Цільова функція (L	0
2		1	2	3				
3	Склад 1	9	5	10	14			
4	Склад 2	11	6	10	11			
5	Попит	7	8	10				
6								
7								
8								
9	Пункти відправлення	Пункти призначення			Sum	Пропозиція		
10		1	2	3				
11	Склад 1	0	0	0	0	14		
12	Склад 2	0	0	0	0	11		
13	Sum	0	0	0				
14	Попит	7	8	10				
15								

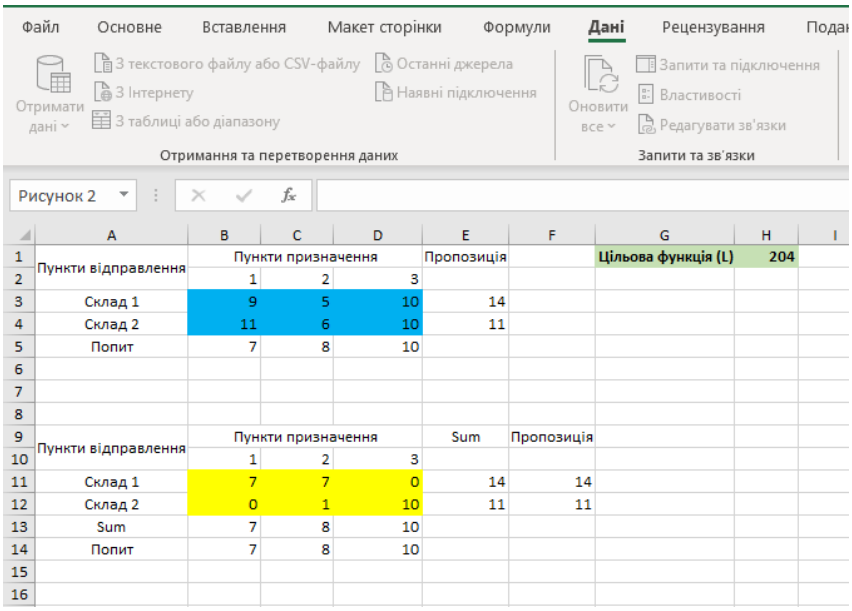
2. Відкрийте пошук розв’язку:
- Перейдіть до вкладки Дані (Data) -> Аналіз -> Пошук розв’язку (Solver). Якщо Розв’язувач/Solver не встановлено, потрібно додати його в Excel через Файл -> Параметри -> Надбудови.

3. Налаштування пошуку розв’язку:
- Встановіть Цільову функцію у комірку (H1) (де введена формула для L).
- Виберіть Мінімум (Min).
- У полі Змінювані комірки вкажіть комірки (B11, C11, D11, B12, C12, D12) (де знаходяться змінні (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23}).
- Додайте обмеження за допомогою кнопки Додати:
    - Обмеження 1: E11 = F11
    - Обмеження 2: E12 = F12
    - Обмеження 3: B13 = B14
    - Обмеження 4: C13 = C14
    - Обмеження 5: D13 = D14
    - Обмеження для невід’ємних значень: обрати опцію “Зробити необмежені змінні не від’ємними”
- Виберіть метод Симплекс LP.



4. Запустіть пошук розв’язку:
- Натисніть ОК або Розв’язати (Solve) для запуску.
- Після завершення роботи Solver, у діалоговому вікні виберіть Зберегти розв’язок (Keep Solution).

Розв’язувач/Solver знайде оптимальні значення (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23}) для мінімальної функції (L) з урахуванням заданих обмежень.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція		Цільова функція (L)	204
2		1	2	3				
3	Склад 1	9	5	10	14			
4	Склад 2	11	6	10	11			
5	Попит	7	8	10				
6								
7								
8								
9	Пункти відправлення	Пункти призначення			Sum	Пропозиція		
10		1	2	3				
11	Склад 1	7	7	0	14	14		
12	Склад 2	0	1	10	11	11		
13	Sum	7	8	10				
14	Попит	7	8	10				
15								
16								

8. Вирішити транспортну задачу за допомогою програмного забезпечення Excel за варіантами:

1

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	14
Попит	10	8	7	

2

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 7	x_{22} 6	x_{23} 10	15
Попит	11	8	7	

3

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	12
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	14
Попит	10	9	7	

4

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	12
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	14
Попит	10	8	8	

5

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	14
Попит	8	10	7	

6

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	10
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	14
Попит	10	7	7	

7

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	13
Попит	10	8	6	

8

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	14
Попит	10	8	7	

9

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	10
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	9 x_{23}	14
Попит	10	7	7	

10

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	8 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	16
Попит	10	8	9	

11

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	15
Попит	11	8	7	

12

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	14
Попит	7	8	10	

13

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	14
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	11
Попит	10	8	7	

15

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 11	14
Попит	10	8	7	

16

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	13
Попит	9	8	7	

17

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 7	x_{22} 6	x_{23} 9	14
Попит	7	8	10	

18

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	16
Попит	12	8	7	

19

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 6	x_{12} 9	x_{13} 7	12
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	15
Попит	11	9	7	

20

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	7 x_{22}	10 x_{23}	14
Попит	10	8	7	

21

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	13
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	14
Попит	10	10	7	

22

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	16
Попит	10	8	9	

23

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	8 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	12
Попит	8	8	7	

24

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	9
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	14
Попит	10	7	6	

25

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	5 x_{11}	9 x_{12}	7 x_{13}	11
Склад 2	8 x_{21}	6 x_{22}	10 x_{23}	14
Попит	10	8	7	

26

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	15
Попит	11	8	7	

27

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	11
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	14
Попит	7	8	10	

28

Пункти відправлення	Пункти призначення			Пропозиція
	1	2	3	
Склад 1	x_{11} 5	x_{12} 9	x_{13} 7	14
Склад 2	x_{21} 8	x_{22} 6	x_{23} 10	11
Попит	10	8	7	

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте ТЗ як окремий клас лінійного програмування.
2. Назвіть типові завдання транспортного виду.
3. Формулювання ТЗ.
4. Модель транспортної задачі.
5. Як уявити ТЗ у вигляді мережевої моделі?
6. Що означає закрита ТЗ?
7. Основні властивості закритої транспортної задачі
8. Методи вирішення транспортної задачі
9. Охарактеризуйте метод північно-західного кута.
10. Охарактеризуйте метод потенціалів.
11. Що означає опорне і оптимальне рішення ТЗ?

Рекомендована література:

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.
2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
3. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.

Тема 4. Мережеве планування та управління. Динамічне програмування

Практичне заняття 4

ПЛАН

4.1 Метод мережевого планування при прийнятті рішень. Типові задачі мережевого планування.

4.2 Структурно-часова таблиця. Побудова і розрахунок мережевої моделі.

4.3 Мережеві графіки виконання дій оператором авіаційно-транспортної системи. Алгоритм побудови мережевого графіка. Структурно-часова таблиця переліку дій оператора авіаційно-транспортної системи.

4.4 Поняття про багатокрокові процеси. Виграш і управління.

4.5 Принцип оптимальності Р.Беллмана вирішення задач динамічного програмування.

4.6 Типові задачі динамічного програмування. Задача про найкоротший шлях. Задача про набір висоти повітряним судном.

Основні теоретичні відомості

Мережеве планування - визначення оптимальної послідовності виконання дій/операцій/робіт.

Характерним для кожного такого комплексу робіт є те, що він складається з ряду елементарних робіт, які взаємно обумовлюють одна одну, так що виконання деяких робіт не може бути розпочато раніше, ніж завершені деякі інші роботи.

Планування будь-якого такого комплексу робіт повинно проводитися з урахуванням таких елементів: часу; вартості; ресурсів всього комплексу робіт і окремих його ланок.

Основним матеріалом для мережевого планування є перелік робіт (ланок) комплексу, в якому вказані роботи і їх взаємна обумовленість та час виконання роботи. Цей перелік називається структурно-часовою таблицею.

Робота називається роботою 1-го рангу, якщо для її початку не потрібно виконання ніяких інших робіт.

Робота називається роботою k - го рангу, якщо вона, спирається хоча б на одну роботу (k-1) рангу і на роботи менших, ніж (k-1) рангів.

Формалізація діяльності авіаційних операторів з використанням апарату мережевого планування дозволяє визначити:

- оптимальну послідовність дій ЛПР при виникненні особливого випадку в польоті (ОВП);
- критичний (оптимальний) час виконання дій ЛПР при парируванні ОВП;
- максимальний (мінімальний) час виконання дій ЛПР при виникненні ОВП;
- резерви часу для парирування ОВП.

Динамічне програмування (динамічне планування) є особливим методом оптимізації рішень, спеціально пристосований до так званих «багатокрокових» (багатоетапних) операцій.

Загальний принцип, що лежить в основі рішення всіх задач динамічного програмування (принцип оптимальності Р.Беллмана): яким би не був стан системи S перед черговим кроком, треба вибирати управління на цьому кроці так, щоб виграш на даному кроці плюс оптимальний виграш на всіх наступних кроках був максимальним.

Розрахунки в ДП виконуються рекурентно, тобто, оптимальне рішення однієї підзадачі використовується як вхідні дані для наступної. Вирішивши останню підзадачу, отримують оптимальне рішення вхідної задачі.

Основні поняття:

Метод мережевого планування, структурно-часова таблиця, мережевий графік, динамічне програмування, багатокрокові процеси, виграш і управління, принцип оптимальності.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики методу мережевого планування при прийнятті рішень.
2. З'ясувати типові задачі мережевого планування.
3. Опанувати алгоритм побудови мережевого графіка.
4. Побудувати мережеву модель.
5. Визначити основні характеристики багатокрокових процесів.
6. З'ясувати типові задачі динамічного програмування.
7. Опанувати метод Р.Беллмана вирішення задач динамічного програмування.
8. Розв'язати задачу динамічного програмування.

4.1 Ознайомитись з прикладом побудови і розрахунку мережевої моделі деякого складного комплексу робіт.

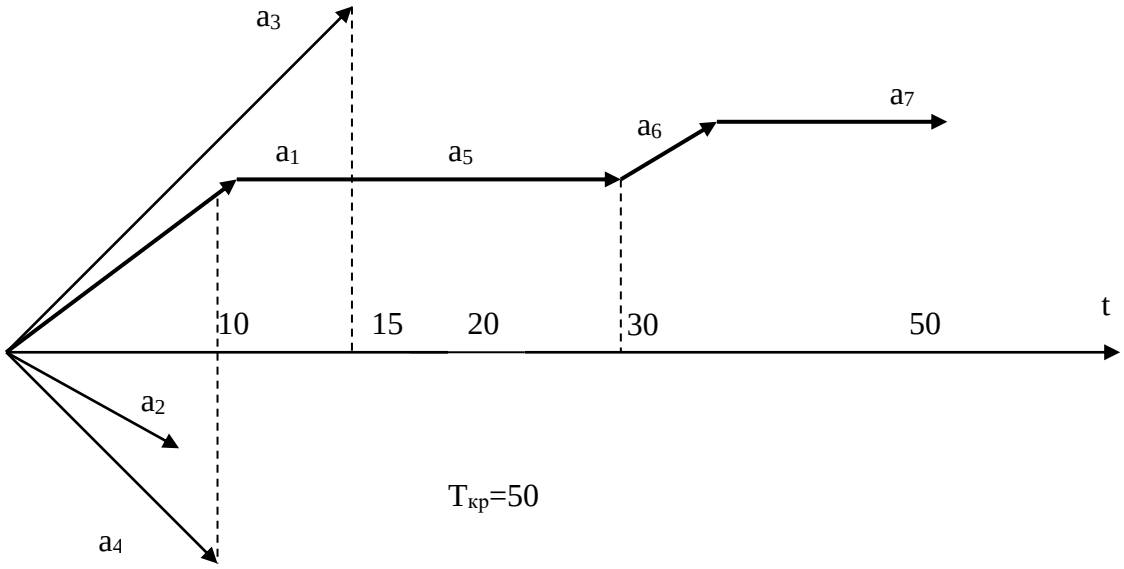
Дано комплекс робіт, побудувати мережеву модель, вхідні дані занести в таблицю.

№ п/п	Робота	Опирається на роботу	Час виконання роботи
1	a_1	-	10
2	a_2	-	5
3	a_3	-	15
4	a_4	-	10
5	a_5	a_1,a_2	20
6	a_6	a_1,a_5,a_2	5
7	a_7	a_1,a_6	15

Проведемо упорядкування всіх робіт.

№ п/п	Робота	Опирається на роботу	Ранг	Час виконання роботи
1	a_1	-	1	10
2	a_2	-	1	5
3	a_3	-	1	15
4	a_4	-	1	10
5	a_5	a_1,a_2	2	20
6	a_6	a_1,a_5,a_2	3	5
7	a_7	a_1,a_6	4	15

За отриманими даними побудуємо мережевий графік.



Критичні роботи: **a_1, a_5, a_6, a_7. $T_{кр}$=50**

4.2 Самостійно вирішити задачу, побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи за варіантами.

Варіант 1

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_4	4
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	-	5
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 2

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	a_4	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4 a_1 a_2	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 3

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_3	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_2a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 4

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_3	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7 a_4 a_5	25

Варіант 5

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	a_1 a_2	5
5	a_5	a_1 a_3	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	20

Варіант 6

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_4	4
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	a_1 a_2	5
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 7

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	a_4	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4 a_1 a_2	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7 a_4 a_5	25

Варіант 8

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	a_3	7
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1	5
6	a_6	a_4	8
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7	20

Варіант 9

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_3	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7	20

Варіант 10

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_6	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	8
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	20

Варіант 11

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_4	4
2	a_2	a_1	10
3	a_3	-	10
4	a_4	-	5
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 12

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	a_1 a_4	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4 a_1 a_2	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 13

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	-	4
2	a_2	a_3	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_2a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 14

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_3	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7 a_4 a_5	25

Варіант 15

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	10
3	a_3	-	10
4	a_4	a_1 a_2	5
5	a_5	a_1 a_3	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	20

Варіант 16

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_4	4
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	a_1 a_2	5
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	-	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	25

Варіант 17

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	-	4
2	a_2	a_4	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4 a_1 a_2	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7 a_4 a_5	25

Варіант 18

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	a_3 a_2	7
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1	5
6	a_6	a_4	8
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7	20

Варіант 19

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_3	4
2	a_2	-	6
3	a_3	a_1	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7	20

Варіант 20

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_6	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	8
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	20

Варіант 21

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	5
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	-	5
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	20

Варіант 22

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	a_4	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4 a_1 a_2	10
7	a_7	a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	10

Варіант 23

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_3	5
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	6
6	a_6	a_2a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	15

Варіант 24

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7 a_4 a_5	10

Варіант 25

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	5
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	a_1 a_2	5
5	a_5	a_1 a_3	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	15

Варіант 26

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	-	10
2	a_2	-	10
3	a_3	a_1 a_2	10
4	a_4	a_1 a_2	5
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4	10
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_4 a_5 a_7	10

Варіант 27

Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	a_4	6
3	a_3	-	6
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1 a_2	5
6	a_6	a_4 a_1 a_2	10
7	a_7	a_4 a_5	8
8	a_8	a_7 a_4 a_5	10

Варіант 28

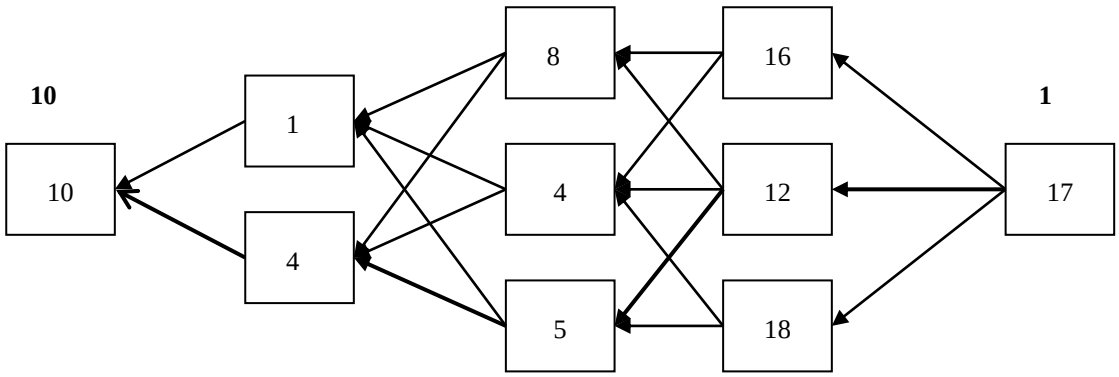
Побудувати мережевий графік, знайти критичний шлях та критичні роботи.

№ п/п	Робота	Опора	Час виконання
1	a_1	a_2	4
2	a_2	-	6
3	a_3	-	7
4	a_4	-	2
5	a_5	a_1	6
6	a_6	a_4	8
7	a_7	a_4 a_5	10
8	a_8	a_7	12

8.1 Ознайомитись з прикладом рішення задачі динамічного програмування про комівояжера.

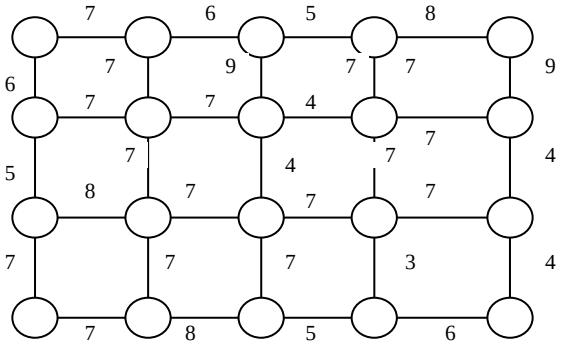
1. Задача про комівояжера.

Нехай потрібно потрапити з пункту 1 до пункту 10, проїжджаючи при цьому по трьох областях. При цьому витрати на проїзд між сусідніми пунктами відомі.



Найвигідніший шлях проходить через пункти: 1, 3, 7, 9, 10. Вартість 17 одиниць.

8.2 Розв’язати задачу ДП про набір висоти ПС. Потрібно знайти оптимальний режим набору висоти і швидкості, при якому загальні витрати пального буде мінімальним, якщо рухатися можна тільки вправо і вгору.



З усіх цих траєкторій потрібно вибрати ту, на якій витрати пального будуть мінімальними. Починати потрібно з кінцевої точки набору, записуючи в кружках мінімальні витрати.

Питання для самоперевірки

1. Метод мережевого планування при прийнятті рішень.
2. Типові задачі мережевого планування.
3. Опишіть процедуру упорядкування в СП.
4. Який склад структурно - тимчасових таблиць в СП?
5. Мережеві графіки виконання дій оператором авіаційно-транспортної системи.
6. Алгоритм побудови мережевого графіка.
7. Структурно-часова таблиця переліку дій оператора авіаційно-транспортної системи.
8. Побудова і розрахунок мережевої моделі.
9. Охарактеризуйте задачі динамічного програмування.
10. Поняття про багатокрокові процеси.
11. Виграш і управління.
12. Типові задачі динамічного програмування.
13. Модель задачі ДП.
14. Сформулюйте основний принцип оптимальності, що лежить в основі рішення всіх задач ДП.
15. Метод Р. Беллмана вирішення задач динамічного програмування.
16. Задача про вибір траєкторії.
17. Задача про набір висоти повітряним судном.
18. Чим метод динамічного програмування відрізняється від методу лінійного програмування?

Рекомендована література:

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.
2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
3. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
4. Творошенко І.С. Технології прийняття рішень в інформаційних системах: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 120 с.
5. Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Сікірда Ю.В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.

Тема 5. Прийняття рішень в умовах ризику

Практичне заняття 5

ПЛАН

5.1 Показники небезпеки і ризику в цивільній авіації. Формальний опис ризику.

5.2 Етапи прийняття рішень в умовах ризику.

5.3 Методи вирішення задач в умовах ризику: критерій очікуваного значення; критерій очікуваного значення - дисперсії; критерій найбільш вірогідного значення.

5.4 Критерій очікуваного значення. Приклад задачі.

Основні теоретичні відомості

Загроза - стан, об'єкт або діяльність, які потенційно можуть бути причиною негативної події, пов’язаної зі зниженням рівня безпеки польотів. У більш загальному вигляді - джерело небезпеки, локалізоване у часі і просторі, з ознаками вражаючих факторів.

Небезпека - стан системи, в якій може статися небезпечна (прогнозована ризикова) подія при даній виявленій загрозі по деяких факторах, якщо ці фактори можуть проявитися.

Ризик - можливість негативної події, пов'язаної зі зниженням рівня безпеки польотів, яка вимірюється з точки зору ймовірності її настання і тяжкості наслідків.

Формальний опис ризику. Ризик - можливість отримання небажаного результату.

Величина ризику визначається як добуток величини події на можливість її виникнення:

$$R = A \times P,$$

де R - ризик; A - наслідок небажаної події (особливі випадки в польоті (ОВП));

P - ймовірність виникнення ОВП.

Оцінка ризику для БП (risk assesment) включає в себе послідовне виконання стандартизованих наукомістких процесів, що носять, як правило, дослідницький характер:

1. Ідентифікація ризику (risk identification).
2. Аналіз ризику (risk analysis).
3. Оцінювання ризику (risk avaluation).

Етапи прийняття рішень в умовах ризику:

Етап 1. Попередній аналіз. На цьому етапі формулюється проблема і визначаються можливі варіанти дій, які можна зробити в процесі її рішення.

Етап 2. Структурний аналіз. Цей етап передбачає структуризацію проблеми на якісному рівні, на якому ЛПР намічає основні кроки процесу прийняття рішень і намагається впорядкувати їх у вигляді деякої послідовності. Для цієї мети будується дерево рішень

Етап 3. Аналіз невизначеності. На цьому етапі ЛПР встановлює значення ймовірності для тих гілок на дереві рішень, які починаються в вершинах

випадках. При цьому отримані значення ймовірностей підлягають перевірці на наявність внутрішньої узгодженості. Для отримання значень ймовірності залучається вся доступна інформація: статистичні дані, результати моделювання, експертна інформація і т. д.

Етап 4. Аналіз корисності. На даному етапі слід отримати кількісні оцінки корисності наслідків (результатів), пов'язаних з реалізацією того чи іншого шляху на дереві рішень.

Етап 5. Процедури оптимізації. Оптимальна стратегія дій (альтернатива, шлях на дереві рішень) може бути знайдена за допомогою обчислень, а саме: максимізації очікуваної корисності на всьому просторі можливих результатів.

Використання критерію очікуваного значення обумовлено прагненням максимізувати очікуваний прибуток (або мінімізувати очікувані витрати). Використання очікуваних величин припускає можливість багаторазового вирішення однієї і тієї ж задачі, поки не будуть отримані досить точні розрахункові формули. В даному випадку мається на увазі, що прибуток (витрати), пов'язаний з кожним альтернативним рішенням, є випадковою величиною.

Основні поняття:

Загроза, небезпека, ризик, фактор ризику, матриця ризику, дерево рішень, методи ПР в умовах ризику, критерій очікуваного значення.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики прийняття рішень в авіації в умовах ризику.
2. З’ясувати формальний опис ризику.
3. Ознайомитися з методами вирішення задач в умовах ризику.
4. Вивчити етапи прийняття рішень в умовах ризику.
5. Ознайомитися з прикладом рішення задачі про будівництво аеропорту методом критерія очікуваного значення.
6. Самостійно вирішити задачу про будівництво аеропорту за варіантами.

Задача. Проектування будівництва аеропортового комплексу

І. Вхідні дані. Авіаційне підприємство повинне прийняти рішення щодо будівництва аеропорту: великого або невеликого. Невеликий аеропорт можна згодом розширити. Таке рішення визначається майбутнім обсягом перевезень. Будівництво великого аеропорту виправдовується великим обсягом перевезень. З іншого боку, можна збудувати невеликий аеропорт та через 2 роки прийняти рішення щодо його розширення.

Задача розглядається на 10-річний період. Аналіз обсягів перевезень пасажирів і вантажів показав, що ймовірність високого обсягу перевезень складає 0,75, низького – 0,25. Прибуток та витрати для кожної з можливих альтернатив наводяться в табл.

Потрібно вивчити альтернативні варіанти будівництва за допомогою дерева рішень та прийняти рішення щодо типу аеропорту.

II. Завдання до ситуації

1. Використовуючи дані табл. побудуйте дерево рішень для задачі будівництва аеропорту.

2. Визначте очікуване значення прибутку для кожного альтернативного варіанта будівництва аеропорту.

3. Прийміть рішення щодо оптимального варіанта будівництва аеропорту з максимальним очікуваним значенням прибутку.

III. Інформаційне забезпечення задачі

Прибуток та витрати для альтернативних варіантів будівництва аеропорту

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,3	1,0	5,0
Невеликий аеропорт	0,2	0,25	2,0
Розширення аеропорту	0,2	0,9	4,2

IV. Алгоритм розв’язання задачі

1. Побудуємо дерево рішень (рис.). Починаючи з вершини 1 (вирішальна вершина) необхідно прийняти рішення відносно розміру аеропорту. Вершини 2 і 3 є випадковими, тому що з них виходять по дві гілки, які відповідають низькому та високому рівню попиту в залежності від ситуації, що склалася на ринку авіаційних перевезень. Кожна з цих ситуацій відзначена відповідним значенням ймовірності її реалізації.

Авіаційне підприємство розгляне можливість розширення невеликого аеропорту тільки в тому випадку, якщо попит наприкінці перших двох років експлуатації аеропорту встановиться на високому рівні. Таким чином, в вершині 4 приймається рішення щодо доцільності розширення невеликого аеропорту. Вершини 5 і 6 також є випадковими з двома гілками, які відповідають певним рівням попиту.

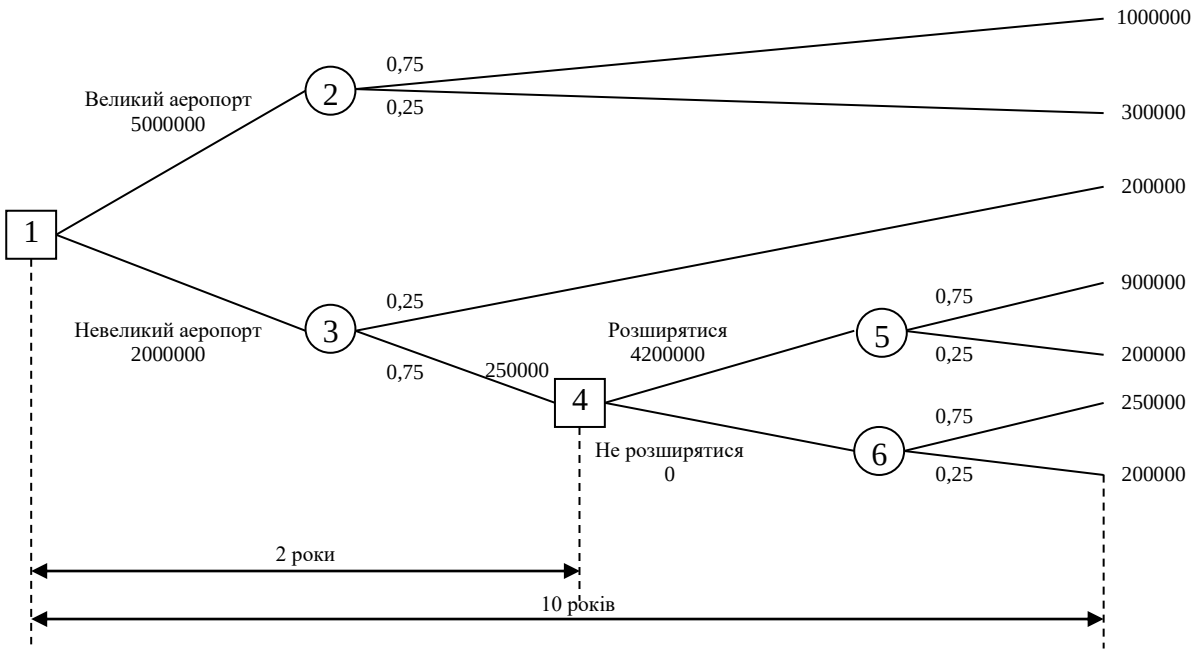


Рис. 5.1 Дерево рішень для задачі проектування будівництва аеропортового комплексу

Рішення. Задача розв’язується в два етапи. На першому етапі приймається рішення щодо будівництва великого або невеликого аеропорту з урахуванням ймовірних обсягів перевезень. Через два роки за умови збільшення обсягу перевезень приймається рішення щодо розширення невеликого аеропорту. Для знаходження оптимального рішення застосовується критерій очікуваного значення.

Математична модель задачі:

Оптимальним рішенням буде те, що відповідає умові (5.1):

$$A_{opt} = \max\{M_{ij}\}, \tag{5.1}$$

де M_{ij} - очікуваний прибуток для рішення A_{ij}, який визначається за формулою (5.2):

$$M_{ij} = \sum_{j=1}^{m} p_{ij} l_{ij}, \; i = \overline{1,n}, \; j = \overline{1,m}, \tag{5.2}$$

де p_{jj} - імовірність впливу j-го чиннику при виборі і-тої альтернативи, $\sum_{j=1}^{m} p_j = 1$;

l_{ij} - прибуток, пов'язаний з вибором і-тої альтернативи при впливі j-го чиннику.

Рішення задачі починається з другого етапу. Порівнюються дві альтернативи: A_{45} та A_{46}. Необхідно для кожної альтернативи знайти значення очікуваного прибутку в разі реалізації відповідного рішення.

A_{45}: M_{45} (прибуток / розширювати аеропорт) =
= (0,75 * 900000 + 0,25 * 200000) * 8 - 4200000 = 1600000 у.о.

A_{46}: M_{46} (прибуток / не розширювати аеропорт) =
= (0,75 * 250000 + 0,25 * 200000) * 8 = 1900000 у.о.

Порівнюючи отримані значення (M_{46} > M_{45}) робимо висновок, що альтернатива A_{46} більш приваблива, ніж A_{45}.Тобто, на другому етапі прийняття рішення необхідно залишити аеропорт без розширення.

Переходимо до першого етапу, до вершини 1. Тут порівнюються альтернативи A_{12} і A_{13} щодо будівництва великого чи невеликого аеропорту з урахуванням даних, отриманих на другому етапі.

A_{12}: M_{12} (прибуток / великий аеропорт) =
= (0,75 * 1000000 + 0,25 * 300000) * 10 - 5000000 = 3250000 у.о.

A_{13}: M_{13} (прибуток / невеликий аеропорт) =
= (0,75 * 250000 * 2 + 1900000) + (0,25 * 200000 * 10) – 2000000 = 775000 у.о.

Як видно, M_{12} > M_{13}, тобто оптимальним рішенням буде будівництво великого аеропорту. В цьому разі очікуваний прибуток дорівнює 3250000 у.о.

6. Самостійно вирішити задачу про будівництво аеропорту за варіантами.

Варіанти задачі (задачу можна розв’язати з використанням MS Excel)

Варіант 1

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(р=0,2)	Високий обсяг перевезень(р=0,8)	
Великий аеропорт	1	1,2	5
Невеликий аеропорт	0,8	1	3
Розширення аеропорту	0,7	0,8	1

Варіант 2

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (р=0,25)	Високий обсяг перевезень (р=0,75)	
Великий аеропорт	0,4	1,1	6,0
Невеликий аеропорт	0,3	0,35	3,0
Розширення аеропорту	0,3	1,0	5,2

Варіант 3

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(р=0,2)	Високий обсяг перевезень(р=0,8)	
Великий аеропорт	1,1	1,3	6
Невеликий аеропорт	0,9	2	4
Розширення аеропорту	0,8	0,9	2

Варіант 4

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,5	2	5,0
Невеликий аеропорт	0,4	0,5	4,0
Розширення аеропорту	0,4	2,0	5,2

Варіант 5

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,2	1,4	6,2
Невеликий аеропорт	1	3	5
Розширення аеропорту	0,9	1	3

Варіант 6

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,5	3	6,0
Невеликий аеропорт	0,5	0,6	3,0
Розширення аеропорту	0,45	2,5	4,2

Варіант 7

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,1	1,3	5,2
Невеликий аеропорт	0,8	2	3
Розширення аеропорту	0,9	1,1	4

Варіант 8

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,15	1,35	5,1
Невеликий аеропорт	1	2	4
Розширення аеропорту	0,9	1	3,2

Варіант 9

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,42	1,15	6,0
Невеликий аеропорт	0,3	0,4	3,25
Розширення аеропорту	0,4	1,2	5,2

Варіант 10

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1	1,25	5,3
Невеликий аеропорт	0,8	1	3,2
Розширення аеропорту	0,7	0,83	1,5

11

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1	1,2	7
Невеликий аеропорт	0,8	1	3
Розширення аеропорту	0,7	0,8	1

12

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,5	1,1	6,0
Невеликий аеропорт	0,3	0,35	3,0
Розширення аеропорту	0,3	1,0	5,2

13

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,12	1,3	7
Невеликий аеропорт	0,9	2	4
Розширення аеропорту	0,8	0,9	2

14

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (р=0,25)	Високий обсяг перевезень (р=0,75)	
Великий аеропорт	0,5	2	5,0
Невеликий аеропорт	0,4	0,55	4,0
Розширення аеропорту	0,4	2,0	5,2

15

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(р=0,2)	Високий обсяг перевезень(р=0,8)	
Великий аеропорт	1,2	1,4	6,2
Невеликий аеропорт	1	3,2	5
Розширення аеропорту	0,9	1	3

16

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (р=0,25)	Високий обсяг перевезень (р=0,75)	
Великий аеропорт	0,5	3	6,0
Невеликий аеропорт	0,53	0,6	3,0
Розширення аеропорту	0,45	2,5	4,2

17

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(р=0,2)	Високий обсяг перевезень(р=0,8)	
Великий аеропорт	1,1	1,3	5,2
Невеликий аеропорт	0,8	2,2	3
Розширення аеропорту	0,9	1,1	4

18

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(р=0,2)	Високий обсяг перевезень(р=0,8)	
Великий аеропорт	1,15	1,35	6
Невеликий аеропорт	1,1	2	4
Розширення аеропорту	0,9	1	3,2

19

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,42	1,15	6,0
Невеликий аеропорт	0,32	0,4	3,25
Розширення аеропорту	0,4	1,2	5,2

20

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,2	1,25	5,3
Невеликий аеропорт	0,8	1	3,2
Розширення аеропорту	0,7	0,83	1,5

21

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1	1,2	6
Невеликий аеропорт	0,8	1	2.5
Розширення аеропорту	0,7	0,8	1

22

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,35)	Високий обсяг перевезень (p=0,65)	
Великий аеропорт	0,4	1,2	6,0
Невеликий аеропорт	0,3	0,37	3,0
Розширення аеропорту	0,3	1,0	5,2

23

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,1	1,3	6
Невеликий аеропорт	0,9	2	4
Розширення аеропорту	0,7	0,9	3.5

24

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,25)	Високий обсяг перевезень (p=0,75)	
Великий аеропорт	0,5	2	5,0
Невеликий аеропорт	0,4	0,5	4,0
Розширення аеропорту	0,4	2,0	5,2

25

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,15)	Високий обсяг перевезень(p=0,85)	
Великий аеропорт	1,2	1,4	6,2
Невеликий аеропорт	1	3	5,1
Розширення аеропорту	0,9	1	3

26

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн. у.о.		Витрати на будівництво аеропорту, млн. у.о.
	Низький обсяг перевезень (p=0,35)	Високий обсяг перевезень (p=0,65)	
Великий аеропорт	0,5	3	6,0
Невеликий аеропорт	0,5	0,6	3,0
Розширення аеропорту	0,45	2,5	4,2

27

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,2)	Високий обсяг перевезень(p=0,8)	
Великий аеропорт	1,1	1,3	5,2
Невеликий аеропорт	0,8	2	3
Розширення аеропорту	0,9	1,1	4

28

Тип аеропорту	Щорічний прибуток, млн.у.о		Витрати на будівництво аеропорту, млн.у.о
	Низький обсяг перевезень(p=0,23)	Високий обсяг перевезень(p=0,77)	
Великий аеропорт	1,15	1,35	5,1
Невеликий аеропорт	1	2,1	4,2
Розширення аеропорту	0,9	1	3,2

Питання для самоконтролю:

1. Що означає прийняття рішення в умовах ризику, чим характеризується така ситуація?
2. Розкрийте суть формального опису ризику.
3. Які етапи включає процес оцінки ризику для БП?
4. Які методи можна застосовувати для складання матриць ризику в авіапідприємствах?
5. З яких етапів складається процес ПР?
6. Які етапи вимагають дослідницької, аналітичної роботи, найбільш трудомісткі?
7. Якого виду інформація потрібна для реалізації етапів ПР в умовах ризику?
8. Опишіть найбільш поширені математичні методи ПР в умовах ризику?
9. У яких випадках застосовується критерій очікуваного значення? опишіть цей метод.
10. Застосування методу експертних оцінок в задачах ПР в умовах ризику.

Рекомендована література:

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.
2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
3. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
4. Творошенко І.С. Технології прийняття рішень в інформаційних системах: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 120 с.
5. Харченко В.П. Шмелева Т.Ф., Сикирда Ю.В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.
6. Харченко В.П., Алєксєєв О.М. Система управління ризиками авіаційної діяльності: монографія. К.: НАУ, 2018. 312 с.
7. Doc 9859. Керівництво з управління безпекою польотів. Safety Management Manual (SMM). ICAO. URL: https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-GUY/Doc%209859%20SMM%20Third%20edition%20en.pdf
8. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Chapter 2 Aeronautical Decision-Making. U.S. Department of Transportation. Federal aviation administration. Flight Standards Service, 2023. 522 p. URL: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/faa-h-8083-25c.pdf
9. The Manual Airport CDM Implementation. Version 5.0. Brussels, Belgium: European Organization for the Safety of Air Navigation, 2017. 363 p. URL: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/airport-cdm-manual-2017.PDF

Тема 6. Прийняття рішень в умовах невизначеності

Практичне заняття 6

ПЛАН

6.1 Невизначеності в задачах прийняття рішень

6.2 Матриця рішень. Оціночна функція.

6.3 Класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності. Критерій Вальда. Критерій Гурвіца. Критерій Севіджа. Критерій Лапласа.

6.4 Задача вибору оптимального аеродрому посадки як задача прийняття рішень в умовах невизначеності.

Основні теоретичні відомості

ПР в умовах невизначеності: будь яке прийняте рішення може призвести до одного з багатьох можливих наслідків, ймовірність появи яких невідома.

Зниження невизначеності, необхідної для ПР, в практичній діяльності можна забезпечити:

- збором інформації, що зменшує невизначеність ситуації;
- обробкою інформації методами аналізу, прогнозу, сценарію і визначення причин, форм і наслідків невизначеності;
- розробкою моделей, адекватних реальних ситуацій, і отриманням в результаті моделювання значень цільових величин, функціональних залежностей станів об'єкта управління та його навколишнього середовища.

Методи ПР в умовах невизначеності:

- прийняття рішень в умовах стохастичної невизначеності (ризику), коли дані можна описати за допомогою імовірнісних розподілів (для вибору оптимальної альтернативи можливе застосування критеріїв очікуваного значення, очікуваного значення-дисперсії тощо);
- прийняття рішень в умовах невизначеності, коли ймовірнісні розподіли невідомі (для вибору оптимальної альтернативи застосовуються критерії Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца).

Критерій Вальда. Цей критерій є найбільш обережним, оскільки він ґрунтується на виборі найкращої з найгірших можливостей. Оптимальне рішення визначається за наступним правилом:

$$A^* = \max_i \min_j \{u_{ij}\} \tag{6.1}$$

Критерій Лапласа. Цей критерій спирається на відомий принцип недостатнього обґрунтування і застосовується в тих випадках, коли рішення приймається багато разів. Стани $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_j, \ldots, \lambda_n$ мають рівні ймовірності, тоді вхідна задача може розглядатися як задача прийняття рішення в умовах ризику, і вибирається дія A_i, що дає найбільший очікуваний виграш. Тобто, знаходиться дія (альтернатива) - А *, відповідна:

$$A^* = \max \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} u_{ij} \right\} \tag{6.2}$$

Критерій Гурвіца. Цей критерій охоплює ряд різних підходів до прийняття рішень: від найбільш оптимістичного до найбільш песимістичного за допомогою коефіцієнта оптимізму-песимізму α:

$$A^* = \max_i \{\alpha \max_j\{u_{ij}\} + (1-\alpha) \min_i\{u_{ij}\}\} \quad (6.3)$$

Критерій Севіджа. Модифікацією критерію Вальда є критерій Севіджа. Він мінімізує втрати ЛПР за рахунок вибору належного варіанта A_j. Оптимальне рішення за критерієм Севіджа визначаємо за наступним правилом:

$$A^* = \min_i \max_j\{r_{ij}\} \quad (6.4)$$

де r_{ij} матриця втрат: $r_{ij} = max_j\, u_{ij} - u_{ij}$, $i = 1, m$

Основні поняття:

Невизначеність, матриця рішень, оціночна функція, класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики прийняття рішень в умовах невизначеності.
2. З'ясувати класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності.
3. Навчитись будувати матрицю рішень.
4. На прикладі рішення задачі про вибір запасного аеродрому відпрацювати навички використання критеріїв Вальда, Севіджа, Гурвіца, Лапласа.
5. Ознайомитись з рішенням задачі про вибір запасного аеродрому в умовах невизначеності.
6. Самостійно вирішити задачу про ПР в умовах невизначеності за варіантами (можна з використанням MS Excel).

5. Ознайомитись з рішенням задачі про вибір запасного аеродрому в умовах невизначеності.

Під час польоту за маршрутом Харків - Київ (Бориспіль) на ПС типу Ан-24, відбувається погіршення метеорологічних умов на аеродромі призначення, внаслідок чого відбувається його закриття. Здійснимо вибір запасного аеродрому за допомогою класичних критеріїв прийняття рішення Вальда, Севіджа, Лапласа і Гурвіца (запасні аеродроми вибираємо по маршруту слідування, включаючи аеродром вильоту і аеродром призначення).

1. Формування вхідних даних для матриці рішень.

Для знаходження оптимального рішення необхідно скласти матрицю рішення. Матрицю рішення формують множина стратегій і множина факторів, які впливають на прийняття рішення (табл.6.1).

Множина стратегій: $A = \{A_1, A_2, \ldots A_m\}$ - альтернативних варіантів запасних аеродромів:

1. А1 - Бориспіль,
2. А2 - Жуляни,
3. А3 - Черкаси,
4. А4 - Кропивницький,
5. А5 - Дніпро

Множина факторів, які впливають на прийняття рішення $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n\}$:

1. λ_1 - Наявність палива на борту,
2. λ_2 - Відстань,
3. λ_3 - ТТХ ВПП,
4. λ_4 - Метеоумови,
5. λ_5 - Світлотехнічна система заходу на посадку,
6. λ_6 - Система заходу на посадку,
7. λ_7 - Навігаційні засоби підходу,
8. λ_8 - Аеронавігаційні збори,
9. λ_9 - Додатковий фактор.

2. Формування матриці рішення для вибору ЗА

Таблиця 6.1 - Формування матриці рішень для вибору ЗА методом експертних оцінок

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	10	10	10	4	9	9	9	9	10
	A_2	9	9	9	8	8	8	8	8	9
	A_3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A_4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	A_5	5	5	8	10	8	8	9	8	6

3. Визначення оптимального рішення - запасного аеродрому для маршруту слідування до пункту прибуття - Бориспіль. Оптимальне рішення знайдемо, використовуючи кілька підходів - критерії прийняття рішення: Вальда, Севіджа, Гурвіца і Лапласа.

3.1. Оптимальне рішення за критерієм Вальда визначаємо за наступним правилом:

$A_j^* = \max_i \min_j \{u_{ij}\}$

Визначаємо множину оптимальних рішень Aj = {A1, A2, ... Am}:

$A_1 = \min \{10,10,10,4,9,9,9,9,10\} = 4$

$A_2 = \min \{9,9,9,8,8,8,8,8,9\} = 8$

$A_3 = \min \{7,7,6,9,6,6,7,6,5\} = 5$

$A_4 = \min \{6,6,4,9,3,3,4,3,5\} = 3$

$A_5 = \min \{5,5,8,10,8,8,9,8,6\} = 5$

Оптимальне рішення:

$A_5^* = \max \{4,8,5,3,5\} = 8$

Для задачі вибору запасного аеродрому з маршрутом слідування до пункту прибуття - Бориспіль маємо оптимальне рішення – а/д Жуляни.

3.2. Оптимальне рішення за критерієм Лапласа визначаємо за наступним правилом:

$A^* = \max a_i$

Число факторів, що впливають на вибір запасного аеродрому - n = 9. Визначимо множину альтернативних рішень:

$A_1 = 1/9\ (10 + 10 + 10 + 4 + 9 + 9 + 9 + 9 + 10) = 8,9;$

$A_2 = 1/9\ (9 + 9 + 9 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 9) = 8,5;$

$A_3 = 1/9\ (7 + 7 + 6 + 9 + 6 + 6 + 7 + 6 + 5) = 6,6;$

$A_4 = 1/9\ (6 + 6 + 4 + 9 + 3 + 3 + 4 + 3 + 5) = 4,8;$

$A_5 = 1/9\ (5 + 5 + 8 + 10 + 8 + 8 + 9 + 8 + 6) = 7,5.$

Оптимальне рішення: $A_5^* = \max \{8,9;\ 8,5;\ 6,6;\ 4,8;\ 7,5\} = 8,9$.- а/д Бориспіль.

Цей критерій використовується в тих випадках, якщо доводиться часто приймати рішення або якщо всі фактори приймаються рівноцінними.

В даному випадку якщо політ виконується регулярно, інформація про погіршенні метеоумов була донесена пілотові на підльоті до Борисполя і дозволяє його min - КПС може прийняти рішення все ж сісти на аеродромі призначення

3.3. Оптимальне рішення за критерієм Гурвіца визначаємо наступним чином:

$A^* = \max a_i\ \{\alpha \max \lambda_j\ \{ u_{ij}\ (a_i; \lambda_j)\} + (1 - \alpha) \min \lambda_j\ \{ u_{ij}\ (a_i; \lambda_j)\}$

Вибираємо коефіцієнт оптимізму-песимізму а рівним 0,5, тоді:

$A^* = \max a_i\ \{0,5 \max \lambda_j\ \{ u_{ij}\ (a_i; \lambda_j)\} + (1 - 0,5) \min \lambda_j\ \{ u_{ij}\ (a_i; \lambda_j)\}$

Оптимальні стратегії:

$A_1=\{0,5 \max \{10,10,10,4,9,9,9,9,10\} + (1 - 0,5) \min \{10,10,10,4,9,9,9,9,10\}\} =\{0,5 *10+ 0,5 *4\} = 7;$

$A_2 = \{0,5 \max \{9,9,9,8,8,8,8,8,9\} + (1 - 0,5) \min \{9,9,9,8,8,8,8,8,9\}\} =\{0,5 *9 + 0,5 *8\} = 8,5;$

$A_3 = \{0,5 \max \{7,7,6,9,6,6,7,6,5\} + (1 - 0,5) \min \{7,7,6,9,6,6,7,6,5\}\} =\{0,5* 9 + 0,5*5\} = 6,5;$

$A_4 = \{0,5 \max \{6,6,4,9,3,3,4,3,5\} + (1 - 0,5) \min \{6,6,4,9,3,3,4,3,5\}\} =\{0,5* 9 + 0,5*3\} = 6;$

$A_5 = \{0,5 \max \{5,5,8,10,8,8,9,8,6\} + (1 - 0,5) \min \{5,5,8,10,8,8,9,8,6\}\} =\{0,5*10 + 0,5*5\} = 7,5.$

Оптимальне рішення: $A^* = \max \{7;\ 8,5;\ 6,5;\ 6;\ 7,5\} = 8,5$– а/д Жуляни.

3.4. Оптимальне рішення за критерієм Севіджа визначаємо за наступним правилом:

$A^* = \min \max r_{ij}$, де матриця втрат:

$r_{ij} = \max u_{ij} - u_{ij}$

Необхідно сформувати проміжну матрицю «жалю» (втрат) r_{ij} (табл.3). Визначивши в кожному рядку максимальний елемент max λj, i, віднявши з нього всі інші елементи, отримаємо нову матрицю втрат ЛПР, якщо вона не приймає оптимального рішення.

З цієї матриці визначаємо оптимальні стратегії:

$A_1 = \max \{0,0,0,6,1,1,1,1,0\} = 6$

$A_2 = \max \{0,0,0,1,1,1,1,1,0\} = 1$

$A_3 = \max \{2,2,3,0,3,3,2,3,4\} = 4$

$A_4 = \max \{3,3,5,0,6,6,5,6,4\} = 6$

$A_5 = \max \{5,5,2,0,2,2,1,2,4\} = 5$

Таблиця 6.2 - Проміжна матриця втрат r_{ij} (a_i; λ_j)

		Фактори									Критерій Севіджа minmax r_{ij} (a_i;λ_j)
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	
Стратегії	A_1	0	0	0	6	1	1	1	1	0	6
	A_2	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
	A_3	2	2	3	0	3	3	2	3	4	4
	A_4	3	3	5	0	6	6	5	6	4	6
	A_5	5	5	2	0	2	2	1	2	4	5

Оптимальна стратегія:

$A^* = \min \max r_{ij} = \min \{6,1,4,6,5\} = 1$– а/д Жуляни.

4. Висновок:

Для вибору запасного аеродрому застосовувалися класичні методи прийняття рішень: критерій Вальда, Севіджа, Гурвіца, Лапласа. Оптимальний варіант вирішення збігся в будь-яких умовах, крім критерію Лапласа. Це аеродром - Жуляни, який характеризується високою якістю ЗПС, простою системою заходу на посадку, хорошою світлосистемою. Якщо через метеоумови закритий аеродром посадки Бориспіль, то отриманий варіант вирішення вибору запасного аеродрому в більшій мірі влаштовує ЛПР при впливі основних факторів на посадку: наявності палива на борту; віддаленості від основного а/д посадки; тактико-технічних характеристик злітно-посадкової смуги; метеоумов; світлосистеми; системи заходу на посадку; навігаційної системи підходу; характеристик перону, руліжних доріжок; суб'єктивного фактора.

5. Самостійно вирішити задачу про ПР в умовах невизначеності за варіантами (можна з використанням MS Excel).

1. Бориспіль - Львів. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Рівне, А4 - Хмельницький, А5 -Ів-Франківськ, А6 - Львів.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	8	10	9	6	9	10	9
	А2	7	6	6	3	10	7	7	6	6
	А3	5	4	5	3	8	9	7	5	7
	А4	6	4	5	10	6	5	5	6	5
	А5	6	5	6	6	5	7	6	5	10
	А6	10	9	7	7	10	9	10	10	10

2. Бориспіль – Дніпро. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Черкаси, А4 - Кропивницький, А5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	10	10	10	4	9	9	9	9	10
	A_2	9	9	9	8	8	8	8	8	10
	A_3	7	7	6	8	6	6	7	6	6
	A_4	6	6	5	8	3	3	4	3	6
	A_5	5	5	8	10	8	8	9	8	7

3. Жуляни – Дніпро. А1 – Жуляни, А2 - Бориспіль, А3 - Черкаси, А4 - Кропивницький, А5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	9	9	9	6	8	8	8	8	9
	A_2	10	10	10	8	9	9	9	9	10
	A_3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A_4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	A_5	5	5	8	10	8	8	9	8	6

4. Бориспіль – Одеса. А1 - Бориспіль, А2 - Черкаси, А3 - Вінниця, А4 - Кропивницький, А5 -Миколаїв, А6 - Одеса.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	10	10	10	8	9	9	9	9	10
	А2	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А3	7	7	5	9	6	6	7	6	4
	А4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	А5	5	5	8	10	8	8	9	8	6
	А6	9	9	9	4	8	8	8	8	9

5. Рівне – Харків. А1 - Рівне, А2 - Житомир, А3 - Черкаси, А4 - Жуляни, А5 -Полтава, А6 - Харків.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	6	6	7	10	8	8	8	9	5
	А2	8	8	9	8	10	6	9	8	5
	А3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А4	9	9	9	4	8	8	8	8	9
	А5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	А6	9	9	6	5	9	9	10	8	10

6. Харків – Хмельницький. А1 - Харків, А2 - Полтава, А3 - Черкаси, А4 - Кропивницький, А5 - Вінниця, А6 - Хмельницький.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	6	6	7	10	8	8	8	9	5
	А2	8	8	9	8	10	6	9	8	5
	А3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А4	9	9	9	4	8	8	8	8	9
	А5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	А6	9	9	6	5	9	9	10	8	9

7. Львів - Кропивницький. А1 - Львів, А2 - Ів-Франківськ, А3 - Хмельницький, А4 - Тернопіль, А5 - Вінниця, А6 - Кропивницький.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	8	10	9	6	9	10	9
	А2	6	5	6	6	5	7	6	5	8
	А3	9	9	6	5	9	9	10	8	9
	А4	6	4	5	10	6	5	5	6	5
	А5	7	7	5	9	6	6	7	6	4
	А6	7	6	5	8	4	3	4	3	6

8. Бориспіль - Львів. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Рівне, А4 - Хмельницький, А5 -Ів-Франківськ, А6 - Львів.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	7	10	9	6	9	10	9
	А2	7	6	5	3	10	7	7	6	6
	А3	5	4	4	3	8	9	7	5	7
	А4	6	4	4	10	6	5	5	6	5
	А5	6	5	5	6	5	7	6	5	10
	А6	10	9	6	7	10	9	10	10	10

9. Бориспіль – Дніпро. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Черкаси, А4 - Кропивницький, А5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	10	10	10	4	10	9	9	9	10
	A_2	9	9	9	8	9	8	8	8	10
	A_3	7	7	6	8	7	6	7	6	6
	A_4	6	6	5	8	4	3	4	3	6
	A_5	5	5	8	10	9	8	9	8	7

10. Жуляни – Дніпро. А1 – Жуляни, А2 - Бориспіль, А3 - Черкаси, А4 - Кропивницький, А5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	9	8	9	6	8	8	8	8	9
	A_2	10	9	10	8	9	9	9	9	10
	A_3	7	8	6	9	6	6	7	6	5
	A_4	6	5	4	9	3	3	4	3	5
	A_5	5	6	8	10	8	8	9	8	6

11. Бориспіль – Одеса. А1 - Бориспіль, А2 - Черкаси, А3 - Вінниця, А4 - Кіровоград, А5 -Миколаїв, А6 - Одеса.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	10	10	10	8	10	9	9	9	10
	А2	7	7	6	9	7	6	7	6	5
	А3	7	7	5	9	7	6	7	6	4
	А4	6	6	4	9	4	3	4	3	5
	А5	5	5	8	10	9	8	9	8	6
	А6	9	9	9	4	9	8	8	8	9

12. Рівне – Харків. А1 - Рівне, А2 - Житомир, А3 - Черкаси, А4 - Жуляни, А5 -Полтава, А6 - Харків.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	6	6	7	10	8	8	8	9	5
	А2	8	8	9	9	10	6	9	8	5
	А3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А4	9	9	9	5	8	8	8	8	9
	А5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	А6	9	9	6	6	9	9	10	8	10

13. Харків – Хмельницький. А1 - Харків, А2 - Полтава, А3 - Черкаси, А4 - Кіровоград, А5 - Вінниця, А6 - Хмельницький.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	6	6	7	10	8	8	8	8	5
	А2	8	8	9	8	10	6	9	7	5
	А3	7	7	6	9	6	6	7	5	5
	А4	9	9	9	4	8	8	8	9	9
	А5	9	9	8	9	8	8	7	9	6
	А6	9	9	6	5	9	9	10	7	9

14. Львів - Кіровоград. А1 - Львів, А2 - Ів-Франківськ, А3 - Хмельницький, А4 - Тернопіль, А5 - Вінниця, А6 - Кіровоград.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	9	10	9	6	9	10	9
	А2	6	5	7	6	5	7	6	5	8
	А3	9	9	7	5	9	9	10	8	9
	А4	6	4	5	10	6	5	5	6	5
	А5	7	7	5	9	6	6	7	6	4
	А6	7	6	5	8	4	3	4	3	6

15. Бориспіль - Львів. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Рівне, А4 - Хмельницький, А5 -Ів-Франківськ, А6 - Львів.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	8	8	10	9	7	9	10	9
	А2	7	6	6	5	10	7	7	6	6
	А3	5	4	5	3	8	9	7	5	7
	А4	6	4	5	10	6	5	5	6	5
	А5	6	5	6	6	5	7	6	5	10

	A6	10	9	7	7	10	9	10	10	10

16. Бориспіль – Дніпро. A1 - Бориспіль, A2 - Жуляни, A3 - Черкаси, A4 - Кіровоград, A5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	10	10	10	7	9	9	9	9	10
	A_2	9	9	9	8	8	8	8	8	10
	A_3	7	7	6	8	6	6	7	6	6
	A_4	6	6	6	8	3	3	4	3	6
	A_5	5	5	8	10	8	8	9	8	7

17. Жуляни – Дніпро. A1 – Жуляни, A2 - Бориспіль, A3 - Черкаси, A4 - Кіровоград, A5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	9	9	9	6	8	9	8	9	9
	A_2	10	10	10	8	9	9	9	9	10
	A_3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A_4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	A_5	6	6	8	10	8	8	9	8	6

18. Бориспіль – Одеса. A1 - Бориспіль, A2 - Черкаси, A3 - Вінниця, A4 - Кіровоград, A5 -Миколаїв, A6 - Одеса.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A1	10	10	10	9	9	9	9	9	10
	A2	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A3	7	7	5	9	6	6	7	6	4
	A4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	A5	5	5	8	10	8	8	9	8	6
	A6	9	9	9	7	8	8	8	8	9

19. Рівне – Харків. A1 - Рівне, A2 - Житомир, A3 - Черкаси, A4 - Жуляни, A5 -Полтава, A6 - Харків.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A1	6	6	7	10	8	8	8	9	5
	A2	8	8	9	8	10	6	9	8	5
	A3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A4	9	9	9	7	8	8	8	9	9
	A5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	A6	9	9	7	6	9	9	10	8	10

20. Харків – Хмельницький. A1 - Харків, A2 - Полтава, A3 - Черкаси, A4 - Кіровоград, A5 - Вінниця, A6 - Хмельницький.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A1	7	6	7	10	8	8	8	9	7
	A2	8	8	9	8	10	6	9	8	5
	A3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A4	9	9	9	4	8	8	8	8	6
	A5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	A6	9	9	6	5	9	9	9	8	9

21. Бориспіль - Львів. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Рівне, А4 - Хмельницький, А5 -Ів-Франківськ, А6 - Львів.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	8	10	9	6	9	10	9
	А2	7	6	6	3	10	7	7	6	6
	А3	5	4	5	3	8	9	7	5	7
	А4	6	4	5	10	6	5	5	6	5
	А5	6	5	6	6	5	7	6	5	10
	А6	10	9	7	7	10	9	10	10	10

22. Бориспіль – Дніпро. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Черкаси, А4 - Кіровоград, А5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	10	10	10	4	9	9	9	9	10
	A_2	9	9	9	8	8	8	8	8	10
	A_3	7	7	6	8	6	6	7	6	6
	A_4	6	6	5	8	3	3	4	3	6
	A_5	5	5	8	10	8	8	9	8	7

23. Жуляни – Дніпро. А1 – Жуляни, А2 - Бориспіль, А3 - Черкаси, А4 - Кіровоград, А5 - Дніпро

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	A_1	9	9	9	6	8	8	8	8	9
	A_2	10	10	10	8	9	9	9	9	10
	A_3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	A_4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	A_5	5	5	8	10	8	8	9	8	6

24. Бориспіль – Одеса. А1 - Бориспіль, А2 - Черкаси, А3 - Вінниця, А4 - Кіровоград, А5 -Миколаїв, А6 - Одеса.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	10	10	10	8	9	9	9	9	10
	А2	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А3	7	7	5	9	6	6	7	6	4
	А4	6	6	4	9	3	3	4	3	5
	А5	5	5	8	10	8	8	9	8	6
	А6	9	9	9	4	8	8	8	8	9

25. Рівне – Харків. А1 - Рівне, А2 - Житомир, А3 - Черкаси, А4 - Жуляни, А5 -Полтава, А6 - Харків.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	6	6	7	10	8	8	8	9	5
	А2	8	8	9	8	10	6	9	8	5
	А3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А4	9	9	9	4	8	8	8	8	9
	А5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	А6	9	9	6	5	9	9	10	8	10

26. Харків – Хмельницький. А1 - Харків, А2 - Полтава, А3 - Черкаси, А4 - Кіровоград, А5 - Вінниця, А6 - Хмельницький.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	6	6	7	10	8	8	8	9	5
	А2	8	8	9	8	10	6	9	8	5
	А3	7	7	6	9	6	6	7	6	5
	А4	9	9	9	4	8	8	8	8	9
	А5	9	9	8	9	8	8	7	10	6
	А6	9	9	6	5	9	9	10	8	9

27. Львів - Кіровоград. А1 - Львів, А2 - Ів-Франківськ, А3 - Хмельницький, А4 - Тернопіль, А5 - Вінниця, А6 - Кіровоград.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	8	10	9	6	9	10	9
	А2	6	5	6	6	5	7	6	5	8
	А3	9	9	6	5	9	9	10	8	9
	А4	6	4	5	10	6	5	5	6	5
	А5	7	7	5	9	6	6	7	6	4
	А6	7	6	5	8	4	3	4	3	6

28. Бориспіль - Львів. А1 - Бориспіль, А2 - Жуляни, А3 - Рівне, А4 - Хмельницький, А5 -Ів-Франківськ, А6 - Львів.

		Фактори								
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
Стратегії	А1	9	7	7	10	9	6	9	10	9
	А2	7	6	5	3	10	7	7	6	6
	А3	5	4	4	3	8	9	7	5	7
	А4	6	4	4	10	6	5	5	6	5
	А5	6	5	5	6	5	7	6	5	10
	А6	10	9	6	7	10	9	10	10	10

Питання для самоконтролю:

1. Особливості ПР в умовах невизначеності.
2. Що являє собою матриця рішень і оцінна функція?
3. Перерахуйте класичні критерії прийняття рішень?
4. Який із критеріїв є найбільш обережним?
5. Який з класичних критеріїв застосовується в тих випадках, коли рішення приймається безліч разів?
6. Який з класичних критеріїв прийняття рішень мінімізує втрати ЛПР?
7. Вибір рішень в умовах невизначеності: критерії Вальда і Севіджа.
8. Вибір рішень в умовах невизначеності: критерії Гурвіца і Лапласа.
9. Які класи проблем (добре структуровані, слабо структуровані, неструктуровані) виникають в умовах невизначеності і якими методами можуть вирішуватися?
10. Критерії ПР в умовах невизначеності (крім згаданих в лекційному матеріалі).

11. Розкрийте зміст і перерахуйте послідовність дій ЛПР в умовах невизначеності.

12. Опишіть основні види невизначеностей, що виникають в задачах ПР. Наведіть конкретні приклади, пов'язані з авіацією (приклади професійним спрямуванням).

Рекомендована література:

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.
2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
3. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
4. Творошенко І.С. Технології прийняття рішень в інформаційних системах: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 120 с.
5. Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Сікірда Ю.В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.

Тема 7. Експертні методи прийняття рішень

Практичне заняття 7

ПЛАН

7.1 Прийняття рішень шляхом виявлення системи переваг людини, яка приймає рішення. Методи експертних оцінок.

7.2 Методи формалізації експертної інформації.

7.3 Матриця індивідуальних переваг людини, яка приймає рішення. Матриця групових переваг.

7.4 Визначення узгодженості та достовірності суджень експертів.

7.5 Використання MS EXCEL при обробці експертних оцінок.

Основні теоретичні відомості

Основою концепції експертних методів є перехід від аналітичних методів до евристичних і включення ЛПР як одного з виконавців (учасників) рішення задачі. Найчастіше, вибираючи одне рішення з множини можливих рішень, ЛПР керується тільки інтуїтивними уявленнями. Внаслідок цього прийняття рішення має невизначений характер, що позначається на якості прийнятих рішень. З метою надання ясності процес прийняття рішення на всіх етапах супроводжується кількісним виразом таких категорій, як «перевага», «важливість» і т.п. Судження експертів формалізуються у вигляді рангових і бальних оцінок.

Експертні судження називають експертними оцінками, якщо вони виносяться в кількісної формі.

Процес виявлення індивідуальних експертних суджень називають експертним опитуванням.

Сукупність експертного опитування та інших операцій, що виконуються з метою отримання колективного експертного судження, носить назву експертизи.

У підготовці і проведенні експертизи можна виділити кілька послідовних етапів:

1) організаційно-технологічна підготовка експертизи;

2) формування експертної групи;

3) вибір методу опитування (заочний, очний); розробка опитувального листа (анкета);

4) проведення експертного опитування з метою виявлення індивідуальних експертних оцінок;

5) обробка результатів опитування;

6) визначення колективних експертних оцінок, прийняття рішення на підставі таких оцінок.

Методи формалізації експертної інформації: метод рангів, метод безпосереднього оцінювання, метод зіставлень, метод включає два його різновиди: парного порівняння і послідовного зіставлення.

При парному порівнянні експерт зіставляє досліджувані об'єкти за їх важливості попарно, встановлюючи в кожній парі об'єктів найбільш важливий.

Якщо коефіцієнт варіації ≤ 33% це означає, що розподіл оцінок експертів відповідає нормальному закону, більшість оцінок експертів групується навколо середнього значення, тобто судження експертів узгоджені, а полярні судження складають безумовну меншість.

Коефіцієнт конкордації змінюється в діапазоні $0<W<1$, причому 0 – повна неузгодженість, 1 – повна узгодженість. Чим ближче значення коефіцієнту до одиниці, тим більш узгоджені судження експертів. Мінімально припустиме значення коефіцієнта конкордації складає 0,4. Якщо ця умова не зберігається, то необхідно провести колективне обговорення та виявити причини істотних розходжень в оцінках експертів та скорегувати ці оцінки таким чином, щоб отримати узгоджений результат.

Після проведення перевірки на узгодженість та достовірність експертної інформації, можна стверджувати, що встановлено систему переваг експертів за групою об'єктів (факторів, альтернатив), на основі якої можна приймати рішення.

Основні поняття:

Метод експертних оцінок, етапи експертизи, методи формалізації експертної інформації, обробка результатів опитування

Завдання:

1. Визначити основні характеристики методу експертних оцінок.
2. З'ясувати етапи проведення експертизи.
3. Опанувати методи формалізації експертної інформації.
4. Вивчити послідовність обробки експертних оцінок з метою встановлення узгодженості суджень експертів.
5. Виконати завдання з обробки експертних оцінок з використанням MS EXCEL:

1. Виявити методом експертних оцінок системи переваг окремого диспетчера та малої групи диспетчерів стосовно затрат праці при виконанні процедур УПР.

Сумарна завантаженість на УПР за визначений інтервал часу τ :

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{4} \alpha i \, \lambda i \, \tau$$

λ - інтенсивність вхідного потоку;

τ - інтервал часу врахування навантаження (за 1 годину);

α_i – ваговий коефіцієнт, який враховує витрати праці диспетчера на обслуговування одного ПС в залежності від характеру виконуваної процедури:

ω_1 - транзит ;ω_2 – набір ;ω_3 - зниження ;ω_4 - узгодження

$\lambda_1=5$, $\lambda_2=7$, $\lambda_3=3$, $\lambda_4=10$ – інтенсивність польотів ПС за видами виконуваних процедур

Створити в MS EXCEL таблицю 7.1 і заповнити ранги експертів:

ранги експерта №1 - автора практичної роботи; експерта №2 - задані відповідно до варіанту; експертів №3 - №5 - згідно таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Дані для роботи

Експерти	Процедури				Число однакових рангів t_j
	Транзит	Набір	Зниження	Узгоджен.	
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	
1	Інд.переваги				
2	варіант				
3	3	2,5	2	2,5	
4	4	2	1	3,5	
5	3,5	3	2	2	
$R_{ср}$					
$R_{гр}$					
σ_i					
ν_i, %					

2. Визначити RCP. Виділити відповідну клітину, викликати «Майстер функцій» - fx, категорія «Статистичні», функція - СРЗНАЧ. В діапазоні значень вказати потрібний стовпець рангів. Результати занести у відповідні клітини табл.7.1.

3. За величиною RCP провести ранжування процедур (RRP). Заповнити відповідні клітини табл.7.1.

4. Знайти середньоквадратичне відхилення - σx по кожній процедурі. Виділити відповідну клітину, викликати «Майстер функцій» - fx, категорія «Статистичні», функція - СТАНДОТКЛОН, В діапазоні значень вказати потрібний стовпець рангів. Результати занести у відповідні клітини табл.1.

5. Знайти коефіцієнт варіації $\nu = \sigma_x$ / Xср * 100. Виділити відповідну клітину і ввести в неї формулу «= σ_x / Xср * 100», далі застосувати автозаповнення для відповідних клітин табл.7.1.

6. Зробити висновок про узгодженість по кожній процедурі.

7. Коефіцієнт конкордації W (розрахунки проводити не використовуючи fx), формулу вводити вручну, враховуючі повтори рангів t_j. Розрахунок суми квадратів різниць S, знайти Tj, знайти W, перевірка значущості отриманого коефіцієнта конкордації W.

Зробити висновок за сукупністю процедур УПР.

8. Створити таблицю 7.2 і заповнити відповідними даними з табл.7.1

Таблиця 7.2 – Дані для розрахунку Rs

Ранги		Процедури			
		Транзит	Набор	Зниження	Узгоджен.
Rгр- ранги групи	x_i				
R_1–ранги експерта №1	y_i				
Rs					

9. Знайти коефіцієнт рангової кореляції Rs. Виділити відповідну клітину і ввести формулу з розрахунку Rs. Порівняти думки групи і експерта №1

10. Знайти $t_ф$ - фактичне значення критерію Ст'юдента. Виділити відповідну клітину і ввести формулу. Порівняти з табличним значенням.

11. Створити таблицю 7.3 і заповнити відповідними даними з табл.7.1

12. Знайти Сі, αі, сумарні витрати праці по кожній процедурі. Результати занести у відповідні клітини табл.7.3.

Таблиця 7.3 - Дані для розрахунку α_i

Процедури	Ранг Rгр	C_i	α_i	Сум.витр.праці
ω_1				
ω_2				
ω_3				
ω_4				
Сума				

Таблиця 7.4 - Критичні значення для перевірки значущості коефіцієнта конкордації при малій кількості оцінюваних об'єктів (≤ 7)

Критичні значення W для рівня значущості p=0,05						**Додаткові значення W для n=3**	
Експерти	**n**						
m	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**m**	**W**
3	-	-	0,7156	0,6597	0,6242	**9**	0,3333
4	-	0,6188	0,5525	0,5118	0,4844	**12**	0,2497
5	-	0,5008	0,4492	0,4169	0,3946	**14**	0,2393
6	-	0,4206	0,3781	0,3514	0,3325	**16**	0,1871
8	0,3758	0,3178	0,2870	0,2670	0,2528	**18**	0,1662
10	0,3000	0,2556	0,2312	0,2153	0,2039		
15	0,1996	0,1715	0,1555	0,1449	0,1373		
20	0,1496	0,1290	0,1171	0,1092	0,1035		

Варіант	**Ранги експерта № 2 в залежності від процедури**			
	Транзит	Набор	Зниження	Узгодж.
1	1	2	3	4
2	2	1	3	4
3	2,5	2,5	1	4
4	2	1	3	4
5	1	2	3,5	3,5
6	4	3	2	1
7	3	1	2	4
8	4	2	1	3
9	4	1	2	3
10	3	2	1	4
11	4	3	1,5	1,5
12	3	4	1,5	1,5
13	4	1,5	1,5	3
14	1,5	3	4	1,5
15	2,5	1	2,5	4
16	3,5	2	3,5	1
17	1,5	3,5	3,5	1,5
18	3,5	1,5	1,5	3,5
19	3,5	3,5	1	2
20	3,5	3,5	2	1

21	1	2	3	4
22	2	1	3	4
23	2,5	2,5	1	4
24	2	1	3	4
25	1	2	3,5	3,5
26	4	3	2	1
27	3	1	2	4
28	4	2	1	3

Питання для самоконтролю:

1. В яких умовах ПР доцільно застосовувати метод експертних оцінок?
2. Перерахувати недоліки методу експертних оцінок.
3. Послідовність проведення експертизи.
4. Якими критеріями керуються при формуванні групи експертів?
5. Як визначити компетентність експерта?
6. Основні підходи до визначення кількості експертів.
7. Перерахуйте основні методи формалізації експертної інформації.
8. Що являє собою методів рангів?
9. Що являють собою експертні методи, в яких застосовується оцінювання в балах?
10. Як перетворити бальні оцінки в рангові оцінки?
11. Послідовність обробки матриць для отримання оцінок експерта по методу парних порівнянь.
12. Які коефіцієнти застосовуються для визначення узгодженості думок експертів?
13. Чи може застосовуватися коефіцієнт конкордації W для оцінок, виражених в балах?
14. У якому випадку доцільно застосовувати коефіцієнт рангової кореляції Спірмена?
15. Оцінка достовірності / значущості думок експертів.
16. Що потрібно зробити, якщо оцінки експертів мають низьку узгодженість?

Рекомендована література:

1. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах: монографія / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, В.Д. Пархоменко, В.О. Липчанський; за наук. ред. О. М. Реви. Київ : УкрІНТЕІ, 2019. 166 с.
2. Суркова К.В., Тимошенко Г.С. Основи теорії прийняття рішень: методичні вказівки з теми: «Експертні методи прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2021. 64 с.
3. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
4. Харченко В.П. Шмелева Т.Ф., Сикирда Ю.В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.

Тема 8. Елементи теорії ігор. Прийняття рішень в умовах конфлікту. Колективні рішення в малій групі

Практичне заняття 8

ПЛАН

8.1 Основні терміни та визначення теорії ігор. Класифікація задач теорії ігор.

8.2 Принципи мінімакса. Антагоністичні матричні гри. Гра 2х2.

8.3 Методи вирішення задач теорії ігор. Графічний метод рішення.

8.4 Моделювання конфліктної ситуації методами теорії ігор. Модель авіаційної ергатичної системи методами теорії ігор.

8.5 Характеристика малих груп.

8.6 Фактори ефективності групових рішень. Сумісність особистості і малої групи.

8.7 Формування малих груп, методи соціометрії.

8.8 Агрегування індивідуальних переваг. Теорема Ерроу про неможливість.

8.9 Стратегії групових рішень.

Основні теоретичні відомості

Теорія ігор - математичний апарат, що дозволяє моделювати конфліктні ситуації.

Конфліктна ситуація - це ситуація, в якій стикаються інтереси двох (і більше) протидіючих сторін, що переслідують різні цілі (незбіжні повністю або частково).

В ігровому конфлікті беруть участь два або більше противника, іменовані гравцями, кожен з яких має певну множину (кінцеву або нескінченну) можливих виборів, які називаються стратегіями. Для моделювання конфліктних ситуацій, конфліктні сторони (гравці) мають свої стратегії.

Чиста стратегія дає повну визначеність, яким чином гравець продовжить гру.

Простором стратегій називають множину всіх чистих стратегій, доступних даному гравцю.

Змішана стратегія є зазначенням ймовірності кожної чистої стратегії.

Сукупність оптимальних стратегій і ціни гри становить рішення гри.

Якщо один гравець максимально виграє, інший мінімально втрачає і такі точки в ігровій матриці збігаються (точка збігу називається *сідловою* точкою гри) тоді конфлікт вирішено. Якщо матриця гри містить сідлову точку, то її рішення відразу знаходиться за принципом мінімакса.

Принцип мінімакса:

$$\alpha = \max_{i=1,m} \min_{j=1,n} a_{ij} \qquad \beta = \min_{j=1,n} \max_{i=1,m} a_{ij} \tag{8.1}$$

Принцип, який диктує гравцям вибір найбільш «обережних» мінімаксної і максімінної стратегій, називається *принципом мінімакса*. Цей принцип випливає з розумного припущення, що кожен гравець прагне досягти мети, протилежної мети противника.

Мала група - це множина людей, об'єднаних в просторі і в часі, спільно вирішують ту чи іншу задачу (виконують певну діяльність) і мають безпосередні (або опосередковані) контакти з технікою. Мала група включає від 2 до 30 чоловік.

Мала група відрізняється наступними характерними рисами: наявність загальної, або колективної мети; безпосереднім взаємодією членів колективу; загальними нормами поведінки і розвиненою структурою.

Залежно від конкретних ЗПР можливі різні варіанти функціональної організації групи: «ланцюжок», «зірка», «коло», «мережа»

В основу методики Бахаревої Н.В. оцінки сумісності окремої особистості і невеликої групи покладена шкала прийнятності використанням прямого («я вибираю») і рефлексивного («мене вибирають») критеріїв:

+ 2 - абсолютна прийнятність члена групи для індивіда, який його вибирає;

+ 1 - прийнятність члена групи для індивіда, який його вибирає;

0 - байдужість індивіда по відношенню до члена групи;

- 1 - неприйнятність члена групи для індивіда, який його вибирає;

- 2 - абсолютна неприйнятність члена групи для індивіда, який його вибирає.

Стратегії групових рішень:

1. *Стратегія простої більшості,* тобто прийняття рішень простою більшістю голосів.

2. *Стратегія підсумовування рангів*. З цієї стратегії альтернатива, у якій сума рангів найменша визнається найбільш цінною для групи в цілому, ніж альтернатива з більш високою сумою рангів.

3. *Стратегії, засновані на класичних критеріях прийняття рішень* (Вальда, Севіджа, Лапласа, Гурвіца)

4. *Стратегія оптимального передбачення* (Г.Лісовскій): слід вибирати таку групову систему переваг, на основі якої можна найкращим (оптимальним) чином передбачити індивідуальні переваги.

Основні поняття:

Конфліктна ситуація, чисті стратегії, змішані стратегії, простір стратегій, принцип мінімакса, мала групи авіаційних операторів, функціональна організація групи, фактори ефективності групових рішень, сумісності окремої особистості і малої групи, соціограма, теореми Ерроу, стратегії групових рішень.

Завдання:

1. Визначити основні характеристики теорії ігор при прийнятті рішень в умовах конфлікту.
2. З'ясувати принципи мінімакса.
3. Вивчити класифікацію задач теорії ігор.
4. Ознайомитися з рішенням типових задач теорії ігор.
5. Рішити ігрову задачу 3х3. Знайти ціну гри, вказати стратегії кожного з гравців, якщо гра задана у вигляді матриці.
6. Самостійно вирішити типову задачу теорії ігор, аналітично і графічно за варіантами
7. Навчитися розв'язувати конфліктні ситуації методами теорії ігор.
8. Ознайомитися з характеристикою невеликих груп, факторами ефективності групових рішень.
9. З'ясувати методи соціометрії, застосовувати методи соціометрії на прикладі малих груп.
10. Ознайомитися із застосуванням методів соціометрії на прикладі малої групи диспетчерів УПР.

4 Ознайомитися з рішенням типових задач теорії ігор.

Рішити ігрову задачу 2х2. Знайти ціну гри, указати стратегії кожного з гравців, якщо гра задана у вигляді матриці. *Самостійно знайти стратегії поведінки для гравця В*.

	B1	B2	α_i
A1	0,6	0,3	0,3
A2	0,4	0,8	0,4
β_j	0,6	0,8	

$\alpha = \max \alpha_i = 0,4$

$\beta = \min b_j = 0,6$

Якщо $\alpha \neq \beta$, то ціну гри ν визначаємо:

$\nu = (a_{22}*a_{11} - a_{12}*a_{21})/(a_{11}+a_{22}-a_{12}-a_{21})$

Якщо підставимо значення, то отримаємо:

$\nu = 0,51$

Визначимо ймовірність застосування стратегії A_1:

$p_1 = (a_{22} - a_{21})/(a_{11}+a_{22}-a_{12}-a_{21})$

Якщо підставимо значення, то отримаємо:

$p_1 = 0,6$

Визначимо ймовірність застосування стратегії A_2

$p_2 = 1-p_1$

$p_2 = 0,4$

Висновок: щоб отримати гарантований прибуток 0,51, гравець А повинен в 60% випадків використовувати стратегію А1 і в 40% випадках стратегію А2

5. Рішити ігрову задачу 3х3. Знайти ціну гри, вказати стратегії кожного з гравців, якщо гра задана у вигляді матриці.

	B_1	B_2	B_3	α_i
A_1	0,5	0,6	0,8	0,4
A_2	0,9	0,7	0,8	0,2
A_3	0,7	0,5	0,6	0,3
β_j	0,7	0,7	0,4	

$\alpha = \max \alpha_i = 0{,}4$; $\beta = \min b_j = 0{,}4$

В цій задачі $\alpha = \beta = \nu = 0{,}4$, тобто задача з сідловою точкою.

6. Самостійно вирішити типову задачу теорії ігор, аналітично і графічно за варіантами

1.

	B1	B2
A1	0,35	0,55
A2	0,75	0,45

2.

	B1	B2
A1	0,25	0,45
A2	0,65	0,35

3

	B1	B2
A1	0,15	0,35
A2	0,55	0,25

4

	B1	B2
A1	0,35	0,55
A2	0,75	0,45

5

	B1	B2
A1	0,65	0,35
A2	0,45	0,85

6

	B1	B2
A1	0,55	0,25
A2	0,35	0,75

7

	B1	B2
A1	0,5	0,2
A2	0,3	0,7

8

	B1	B2
A1	0,45	0,65
A2	0,85	0,55

9

	B1	B2
A1	0,7	0,4

A2	0,5	0,9

10

	B1	B2
A1	0,4	0,1
A2	0,2	0,6

11

	B1	B2
A1	0,45	0,5
A2	0,75	0,45

12.

	B1	B2
A1	0,3	0,45
A2	0,65	0,35

13

	B1	B2
A1	0,15	0,35
A2	0,55	0,20

13

	B1	B2
A1	0,35	0,6
A2	0,75	0,45

15

	B1	B2
A1	0,65	0,4
A2	0,45	0,85

16

	B1	B2
A1	0,65	0,25
A2	0,35	0,75

17

	B1	B2
A1	0,5	0,2
A2	0,3	0,7

18

	B1	B2
A1	0,45	0,65
A2	0,85	0,55

19

	B1	B2
A1	0,7	0,4
A2	0,5	0,9

20

	B1	B2
A1	0,4	0,1
A2	0,2	0,6

21

	B1	B2
A1	0,35	0,55
A2	0,75	0,45

22.

	B1	B2
A1	0,25	0,45
A2	0,65	0,35

23

	B1	B2
A1	0,15	0,35
A2	0,55	0,25

24

	B1	B2
A1	0,35	0,55
A2	0,75	0,45

25

	B1	B2
A1	0,65	0,34
A2	0,45	0,85

26

	B1	B2
A1	0,65	0,25
A2	0,35	0,75

27

	B1	B2
A1	0,52	0,2
A2	0,3	0,7

28

	B1	B2
A1	0,32	0,45
A2	0,65	0,35

10. Ознайомитися із застосуванням методів соціометрії на прикладі малої групи диспетчерів УПР.

Застосуємо методи соціометрії на прикладі диспетчерської зміни, в якій налічується разом з керівником польотів 10 членів колективу.

Диспетчери (диспетчер-стажер) заповнюють анкети (таблиця 8.1), дві колонки оцінками -2; -1; 0; +1; +2. Анкета-матриця для розрахунку соціометричних індексів диспетчера-учасника опитування №1 в таблиці 8.1

Таблиця 8.1 - Анкета-матриця для розрахунку соціометричних індексів учасники опитування №1

№	ПІБ члена групи	Як я ставлюся до членів мого колективу?	Як члени мого колективу відносяться до мене?
1	Іванченко	*****	*****
2	Петренюк	1	1
3	Сидоров	1	1
4	Волков	2	2
5	Сенченко	2	2
6	Глєбов	0	1

7	Шкурак	0	1
8	Яковлев	-1	-2
9	Ткаченко	1	1
10	Коваленко	2	1

На основі матриць обчислюються наступні соціометричні індекси (СІ):
- емоційна експансивність (ЕЕ);
- соціометричний статус (СС);
- очікуваний соціометричний статус (ОСС);
- очікувана емоційна експансивність (ОЕЕ).

$$CI = EE = CC = OCC = OЭЭ = \Sigma\ виборів / (2(N-1)) \quad (8.1),$$

де N - число членів малої групи, N = 10

Визначення соціометричних матриць

Таблиця 8.2 - Соціоматриця - матриця фактичної прийнятності

№	ПІБ члена групи	Іванченко	Петров	Сидоров	Волков	Синичк.	Глєбов	Шкурак	Яковлев	Ткаченк.	Ковален.	сума	СС
1	Іванченко	*	1	1	2	2	0	0	-1	1	2	8	0,44
2	Петренюк	2	*	2	1	0	0	1	0	1	1	8	0,44
3	Сидоров	1	1	*	2	2	1	1	1	1	1	11	0,61
4	Волков	1	1	1	*	0	1	0	0	1	0	5	0,28
5	Сенченко	2	2	2	1	*	1	2	1	2	2	15	0,83
6	Глєбов	1	0	1	0	1	*	0	0	1	1	5	0,28
7	Шкурак	2	1	1	-2	-2	1	*	-2	-2	1	-2	-0,11
8	Яковлев	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
9	Ткаченко	1	1	1	1	1	1	1	1	*	1	9	0,5
10	Коваленко	2	-1	2	2	-2	2	-2	2	2	*	7	0,39
	∑ виборів	12	6	11	7	2	7	3	2	7	9		
	ЕЕ	0,67	0,33	0,61	0,39	0,11	0,39	0,17	0,11	0,4	0,5		

Таблиця 8.3 - Аутосоціоматриця - матриця очікуваної прийнятності

№	ПІБ члена групи	Іванченко	Петров	Сидоров	Волков	Синичк	Глєбов	Шкурак	Яковлев	Ткаченко	Ковален	Сума	ОЕЕ
1	Іванченко	*	1	1	2	2	1	1	-2	1	1	8	0,44
2	Петренюк	1	*	1	1	1	1	1	0	1	1	8	0,44
3	Сидоров	2	2	*	1	1	1	1	0	0	1	9	0,5
4	Волков	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Сенченко	1	1	1	1	*	1	1	1	1	1	9	0,5
6	Глєбов	1	1	1	1	1	*	1	1	1	1	9	0,5
7	Шкурак	1	1	1	1	1	1	*	1	2	2	11	0,61
8	Яковлев	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0

9	Ткаченко	2	2	2	2	2	2	2	2	*	2	18	1
10	Коваленко	1	0	1	1	0	1	0	1	1	*	6	0,33
	∑ виборів	9	8	8	10	8	8	7	4	7	9		
	ОСС	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0	0,2	0,4	0,5		

Перші два індекси визначаються по матриці «фактичної» прийнятності (соціоматриця), останні два - по матриці «очікуваної» прийнятності (аутосоціоматриця).

Побудова соціограм

Кожен з СІ може приймати значення -1 до +1, що надає певні можливості для їх інтерпретації. Показники ЕЕ і ОСС характеризують ставлення особистості до групи, тобто роль, яку особистість демонструє. Індекси СС і ОЕЕ, які є числовим виразом відносини групи до особистості, свідчать про роль, яку їй приписують.

Робимо попередні висновки по чисельним значенням індексів:

1. Неформальний лідер №5 - Сенченко, його СС = 8,3
2. Найгірше група відноситься до №7 – Шкурак, його СС = -0.11
3. Вище за всіх себе в групі ставить №1, Іванов, його ЕЕ = 0.67

4. Найнижче себе оцінює в колективі №5 - Сенченко і №8 Яковлєв, їх ЕЕ = 0,11. Хоча група дуже високо цінує Сенченко.

У відповідності зі значенням соціометричних індексів виділяються чотири типи ролей, які демонструються і приписуються. (Рис 8.1, 8.2).

+ОСС Тип, що суперничає -1	+1 Співпрацюючий тип +1
-ЕЕ Відокремлений тип -ОСС	1 +ЕЕ Ведений тип -1

Рис. 8.1 - «Персональна» соціограма: позиція особистості в групі як суб'єкта відносин і ролі, яка демонструється

+CC Тип, що суперничає *-1*	*+1* Співпрацюючий тип *+1*
-EE Відокремлений тип *-CC*	*0* *+OEE* Ведений тип *-1*

Рис. 8.2 - «Групова» соціограма: позиція особистості в групі як суб'єкта відносин і ролі, яка приписується

Питання для самоконтролю:

1. Класифікація задач теорії ігор.
2. Поняття антагоністичних матричних ігор.
3. Поясніть поняття сідлової точки.
4. Які види стратегій в теорії ігор?
5. Поясніть принцип мінімакса в задачах теорії ігор.
6. Як геометрично інтерпретувати ігрову задачу?
7. Ігровий підхід при ПР в умовах невизначеності.
8. Охарактеризуйте малі групи авіаційних операторів
9. Дайте визначення малої групи.
10. Охарактеризуйте варіанти функціональної організації групи.
11. Які фактори ефективності групових рішень?
12. Формування малої групи авіаційних операторів.
13. Поняття сумісності окремої особистості і малої групи.
14. Підходи до вивчення і діагностики психологічної сумісності особистості і малої групи.
15. Розкрийте суть соціометричного методу Н.В. Бахаревої.
16. Шкала критеріїв методу Н.В. Бахаревої.
17. Які соціометричні індекси розраховуються за методом Н.В. Бахаревої?
18. Види матриць при розрахунку сумісності особистості і малої групи.
19. Як побудувати соціограму.

Рекомендована література:

1. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
2. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
3. Творошенко І.С. Технології прийняття рішень в інформаційних системах: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 120 с.
4. Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Сікірда Ю.В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.
5. Air Traffic Flow Management (ATFM) / Collaborative Decision Making (CDM). URL: https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/Pages/ATFM-CDM.aspx

Список рекомендованих джерел інформації

Література основна

1. Катренко А.В., Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. 447 с.
2. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
3. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах: монографія / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, В.Д. Пархоменко, В.О. Липчанський; за наук. ред. О. М. Реви. Київ : УкрІНТЕІ, 2019. 166 с.
4. Суркова К.В., Тимошенко Г.С. Основи теорії прийняття рішень: методичні вказівки з теми: «Експертні методи прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2021. 64 с.
5. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи теорії прийняття рішень». Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. 86 с.
6. Суркова К.В., Сорока М.Ю. Основи теорії прийняття рішень. Методичні рекомендації до практичних занять. Кропивницький ЛА НАУ, 2023. 64 с.
7. Суркова К.В. Основи теорії прийняття рішень. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи. Кропивницький ЛА НАУ, 2023. 26 с.
8. Творошенко І.С. Технології прийняття рішень в інформаційних системах: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 120 с.
9. Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Сікірда Ю.В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.
10. Харченко В.П., Алєксєєв О.М. Система управління ризиками авіаційної діяльності: монографія. К.: НАУ, 2018. 312 с.
11. Doc 9859. Керівництво з управління безпекою польотів. Safety Management Manual (SMM). ICAO. URL: https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-GUY/Doc%209859%20SMM%20Third%20edition%20en.pdf
12. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Chapter 2 Aeronautical Decision-Making. U.S. Department of Transportation. Federal aviation administration. Flight Standards Service, 2023. 522 p. URL: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/faa-h-8083-25c.pdf
13. The Manual Airport CDM Implementation. Version 5.0. Brussels, Belgium: European Organization for the Safety of Air Navigation, 2017. 363 p. URL: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/airport-cdm-manual-2017.PDF

Література додаткова

1. Рева О.М., Камишин В.В. Метод визначення інтегративного показника компетентності експерта. *Наука, технології, інновації*, 2018, № 3. С.27-37
2. Сікірда Ю.В., Шмельова Т.Ф., Касаткін М.В., Тригуб Ю.І. Оптимізація стратегій сумісного прийняття рішень операторами аеронавігаційної системи в конфліктних ситуаціях. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2020. № 4(41). С. 86-94.
3. Суркова К.В., Кобець К.В. Виявлення джерел невизначеності при прийнятті рішення в умовах затримки рейсу. *Авіація, промисловість, суспільство*. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції КЛК ХНУВС (Кременчук, 12 травня 2021). Кременчук: КЛК ХНУВС, 2021. С.246-248.
4. Суркова К.В., Аввакумова К.С. Формалізація процесу прийняття рішення диспетчером із забезпечення польотів в умовах затримки рейсу. Авіація, промисловість, суспільство. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції КЛК ХНУВС (Кременчук, 12 травня 2022). Кременчук: КЛК ХНУВС, 2022. С.294-297

Інформаційні ресурси

1. Євроконтроль. URL:http://www.eurocontrol.int/
2. Державіаслужба. URL:http://www.avia.gov.ua
3. Міністерство Інфраструктури України. URL:http://www.mtu.gov.ua
4. Украерорух. URL:http://uksatse.ua/
5. Національне бюро з розслідування на транспорті. URL: http://nbaai.gov.ua/
6. Державна науково-технічна бібліотека України. URL: https://dntb.gov.ua/
7. Вільні джерела наукової інформації. URL:http://uran.ua/refer/scinfo/free.htm
8. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL:http://nbuv.gov.ua
9. Air Traffic Flow Management (ATFM) / Collaborative Decision Making (CDM). URL: https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/Pages/ATFM-CDM.aspx
10. Decision-Making (OGHFA BN) URL: https://www.skybrary.aero /articles/decision-making-oghfa-bn
11. Human Factors. URL: https://www.faasafety.gov/files/gslac/courses/content/258/1097/AMT_Handbook_Addendum_Human_Factors.pdf