



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*XX Міжнародної науково-практичної
конференції молодих вчених, курсантів та
студентів*

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Львів – 2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: Василь ПОПОВИЧ, проректор з наукової роботи, д.т.н., професор;

Заступники голови: Ярослав ІЛЬЧИШИН, начальник науково-дослідного центру, к.пед.н.;

**Члени наукового
комітету:**

Oksana TELAK, MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;

Jerzy TELAK, ASE, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences, Professor;

Bogusław KOGUT, Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;

Вікторія СЕРГІЄНКО, проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, д.м.н., професор;

Максим СМІЛЕВСЬКИЙ, начальник управління безпеки департаменту міської мобільності та вуличної інфраструктури Львівської міської ради, к.ю.н.;

Олеся ВАЩУК, професор кафедри криміналістики Національного університету «Одеська юридична академія», Голова Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України, д.ю.н. професор;

Дмитро КОБИЛКІН, учений секретар Університету, к.т.н., доцент;

Анастасія СИМАХОВА, професор кафедри бізнес-аналітики та цифрової економіки Національного авіаційного університету, перший заступник Голови Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України, д.е.н. професор;

Ольга БАРАБАШ, професор кафедри історії, теорії та конституційного права ННІ права та правоохоронної діяльності ЛьвДУВС, Голова Ради молодих вчених, д.ю.н., професор.

Члени оргкомітету: **Сергій ЄМЕЛЬЯНЕНКО**, заступник начальника центру – начальник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, к.т.н., ст. досл.;

Роман ЯКОВЧУК, начальник факультету цивільного захисту, д.т.н., доцент;

Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ, начальник факультету психології та соціального захисту, к.і.н., доцент;

Богдан БОЙЧУК, т.в.о. начальника факультету пожежної та техногенної безпеки, доктор філософії (PhD);

Ярослав КИРИЛІВ, провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, к.т.н., с.н.с.;

Ольга МЕНЬШИКОВА, заступник начальника факультету цивільного захисту, к.ф.-м.н., доцент;

Андрій ДОМІНІК, заступник начальника факультету пожежної та техногенної безпеки, к.т.н., доцент;

Ігор КОВАЛЬ, заступник начальника факультету психології та соціального захисту, к.пед.н., доцент;

Тетяна ВОЙТОВИЧ, начальник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру, доктор філософії (PhD);

Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ, начальник докторантури-ад'юнктури, к.т.н.;

Володимир МАРИЧ, доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці, к.т.н., доцент;

Катерина СТЕПОВА, старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, к.т.н., доцент;

Даниїл БЕГЕН, провідний фахівець відділу міжнародного співробітництва;

Ростислав ГРИНИК, науковий співробітник сектору науково-інноваційної діяльності науково-дослідного центру;

Андрій ГАВРИСЬ, заступник начальника кафедри цивільного захисту, к.т.н., доцент;

Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ, старший викладач кафедри цивільного захисту;

Олександра ПЕКАРСЬКА, викладач кафедри цивільного захисту;

Галина РОМАНСЬКА, викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці;

Олег ПАЗЕН, начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, к.т.н.;

Іван ГРІДАСОВ, старший викладач кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики;

Валерія БАЛАЦЬКА, викладач кафедри управління інформаційною безпекою;

Лідія ВЕРБИЦЬКА, завідувач кафедри українознавства та міжкультурної комунікації, к.філол.н.;

Тетяна КОНІВЦЬКА, доцент кафедри українознавства та міжкультурної комунікації, к.пед.н., доцент;

Катерина КОРОЛЬ, викладач кафедри екологічної безпеки, доктор філософії (PhD);

Володимир-Петро ПАРХОМЕНКО, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, к.т.н., доцент;

Назарій БУРАК, начальник кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, к.т.н., доцент;

Руслана СОДОМА, доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, к.е.н., доцент;

Олег КОВАЛЬЧУК, викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, доктор філософії (PhD);

Назар ШТАНГРЕТ, доцент кафедри безпілотних систем та робототехніки, к.т.н.;

Роман ЯРЕМКО, доцент кафедри практичної психології та педагогіки, к.психол.н., доцент;

Василь МАТУХНО, заступник начальника кафедри протимінної діяльності, к.т.н.

**ОРГАНІЗАТОР
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,
комп'ютерна верстка**

Климус М.В.

Друк на різнографі

Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк

Петролюк Н.І.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35,
м. Львів, 79007

Контактні телефони:

(032) 233-24-79,
тел/факс 233-00-88

Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності:

Зб. наук. праць XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2025. – 670 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів **«Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності»**.

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Цивільна безпека та протимінна діяльність.
- Пожежна та техногенна безпека.
- Менеджмент та організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- БПЛА, робототехніка та інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничі, біологічні та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.

© ЛДУ БЖД, 2025

Здано в набір 01.04.2025. Підписано до друку
28.04.2025. Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 41,87.

Гарнітура Times New Roman.
Друк на різнографі. Наклад: 100 прим.

Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.
ldubzh.lviv@dsns.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передрукуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 519.852

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ПАКЕТУ MAPLE ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РОЗПОДІЛ РЕСУРСІВ

Марта Труш

Чмир О.Ю., кандидат фізико-математичних наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У роботі розглянуто задачу лінійного програмування про розподіл ресурсів. Використовуючи функції пакету Maple, розв'язано: а) пряму задачу про розподіл ресурсів, а саме: знайдено план виробництва продукції, при якому загальний прибуток від їхнього виробництва є найбільшим; б) двоїсту задачу і зроблено висновки щодо дефіцитності ресурсів та зміни загального прибутку, після збільшення того чи іншого ресурсу на одну одиницю.

Ключові слова: лінійне програмування, симплекс метод, розподіл ресурсів, двоїста задача, пакет Maple.

THE APPLICATION OF FUNCTIONS OF THE MAPLE PACKAGE TO SOLVING THE PROBLEM OF RESOURCE ALLOCATION

Trush Marta

Chmyr O.Yu., candidate of physical and mathematical sciences,
associate professor
Lviv State University of the Life Safety

The work deals with the linear programming problem of resource allocation. Using the functions of the Maple package was solved: a) the direct problem of resource allocation, namely: the production plan was found, in which the total profit from their production is the largest; b) a dual problem and conclusions are drawn regarding the scarcity of resources and changes in total profit, after an increase of one or another resource by one unit.

Keywords: linear programming, simplex method, resource allocation, dual problem, Maple package.

Лінійне програмування є технікою для оптимізації лінійної функції мети, що обмежена лінійними рівняннями і нерівностями. Її допустима множина є опуклою областю, яка визначена як перетин скінченної кількості півпросторів, кожен з яких визначає лінійна нерівність. Її функція мети є дійснозначна функція визначена на цьому багатограннику. Алгоритм лінійного програмування знаходить точку на багатограннику, де ця функція набуває найбільшого чи найменшого значення, якщо така точка існує [1].

Існує багато задач, що зводяться до моделей лінійного програмування. Однією із задач є задача про розподіл ресурсів. Для виробництва пе-

вних товарів використовуються деякі ресурси. Відомо, скільки одиниць кожного ресурсу необхідно для виробництва одиниці кожного товару, запас кожного ресурсу, а також прибуток від реалізації одиниці кожного товару. Потрібно спланувати виробництво товарів так, щоб при використанні наявних ресурсів загальний прибуток від виробництва був найбільшим.

У програмі Maple вбудовано пакет для розв'язання задач лінійного програмування simplex, який базується на симплекс-методі. Продемонструємо цей пакет на задачі про розподіл ресурсів.

Задача. Нехай деяке підприємство займається виготовленням продукції чотирьох видів (А, В, С та D). При виготовленні цих видів продукції використовуються такі ресурси: час, деревина, скло та обладнання. Обсяги виділених ресурсів, норми їх витрат і прибуток на одиницю продукції при виготовленні кожного виду продукції наведені у таблиці:

Вид початкового ресурсу	Затрати ресурсів на одиницю продукції				Обсяг ресурсів
	A	B	C	D	
Час, людино/год.	2	3	4	1	900
Деревина, м ³	0,6	0,5	0,4	0	210
Скло, м ³	0,2	0,5	0,8	0,8	164
Обладнання, шт.	3	6	4	3	1400
Прибуток за одиницю продукції, тис. грн.	6	8	10	3	

Знайти такий план виробництва продукції, щоб загальний прибуток від їхнього виробництва був найбільшим [2].

Математична модель виробничого процесу має вигляд: знайти найбільше значення прибутку

$$L(x_1, x_2, x_3, x_4) = 6x_1 + 8x_2 + 10x_3 + 3x_4 \rightarrow \max$$

за умови виконання обмежень

$$2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 \leq 900,$$

$$0,6x_1 + 0,5x_2 + 0,4x_3 \leq 210,$$

$$0,2x_1 + 0,5x_2 + 0,8x_3 + 0,8x_4 \leq 164,$$

$$3x_1 + 6x_2 + 4x_3 + 3x_4 \leq 1400,$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0, \quad x_4 \geq 0,$$

де x_1, x_2, x_3, x_4 – кількість одиниць готової продукції А, В, С та D відповідно.

Використовуючи програму Maple, розв'язуємо цю задачу [3].

```
> restart;
> with(simplex) :
> L := 6·x1 + 8·x2 + 10·x3 + 3·x4; ineq := {2·x1 + 3·x2 + 4·x3 + 1·x4 ≤ 900, 0.6·x1
+ 0.5·x2 + 0.4·x3 + 0·x4 ≤ 210, 0.2·x1 + 0.5·x2 + 0.8·x3 + 0.8·x4 ≤ 164, 3·x1 + 6·x2
+ 4·x3 + 3·x4 ≤ 1400, x1 ≥ 0, x2 ≥ 0, x3 ≥ 0, x4 ≥ 0};
L := 6·x1 + 8·x2 + 10·x3 + 3·x4
ineq := {0 ≤ x1, 0 ≤ x2, 0 ≤ x3, 0 ≤ x4, 0.6·x1 + 0.5·x2 + 0.4·x3 ≤ 210, 2·x1 + 3·x2 + 4·x3 + x4
≤ 900, 3·x1 + 6·x2 + 4·x3 + 3·x4 ≤ 1400, 0.2·x1 + 0.5·x2 + 0.8·x3 + 0.8·x4 ≤ 164}
> maximize(L, ineq);
{x1 = 316.00000000, x2 = 8.000000000, x3 = 41.00000000, x4 = 80.00000000}
> assign(maximize(L, ineq)); L;
2610.000000
```

Рисунок 1. – Розв'язок прямої задачі у пакеті Maple.

Таким чином, розв'язання цієї задачі привело до висновку, що потрібно виготовити $x_1 = 316$ одиниць продукції А, $x_2 = 8$ одиниць продукції В, $x_3 = 41$ одиниць продукції С та $x_4 = 80$ одиниць продукції D. При цьому прибуток від реалізації виготовленої продукції буде максимальним і $L_{\max} = 2610000$ грн., тобто розв'язок прямої задачі дає оптимальний план виробництва продукції А, В, С та D.

Використовуючи дані задачі, знайдено, який з ресурсів є дефіцитним, а який таким не являється та як зміниться загальний прибуток, після збільшення того чи іншого ресурсу на одну одиницю.

Припустимо тепер, що керівництво підприємства, яке займається виготовленням продукції чотирьох видів (А, В, С та D), з певних причин вирішило не виготовляти їх, а продати на ринку придбані запаси ресурсів деякій організації. Природно, що керівництво підприємства (далі продавець) намагатиметься одержати від продажу ресурсів прибуток, не менший від того, який могло б мати від реалізації продукції чотирьох видів. Продавець повинен брати до уваги також те, що організація (далі покупець) зацікавлена придбати ресурси за найнижчою ціною. Виникає запитання: за якою ціною потрібно продавати ресурси, щоб задовольнити інтереси продавця і покупця?

Нехай y_1, y_2, y_3, y_4 – ціни за одиницю відповідного ресурсу: часу, деревини, скла і обладнання. Тоді приходимо до задачі

$$W(y_1, y_2, y_3, y_4) = 900y_1 + 210y_2 + 164y_3 + 1400y_4 \rightarrow \min$$

за умови виконання обмежень

$$\begin{aligned}
2y_1 + 0,6y_2 + 0,2y_3 + 3y_4 &\geq 6, \\
3y_1 + 0,5y_2 + 0,5y_3 + 6y_4 &\geq 8, \\
4y_1 + 0,4y_2 + 0,8y_3 + 4y_4 &\geq 10, \\
y_1 + 0,8y_3 + 3y_4 &\geq 3, \\
y_1 \geq 0, \quad y_2 \geq 0, \quad y_3 \geq 0, \quad y_4 &\geq 0.
\end{aligned}$$

Ця задача є двоїстою до задачі про виготовлення продукції чотирьох видів (А, В, С та D). Розв'язання цієї задачі проводимо в пакеті Maple та наведено на рис. 2.

```

> restart;
> with(simplex) :
> W := 900 · y1 + 210 · y2 + 164 · y3 + 1400 · y4; ineq := {2 · y1 + 0.6 · y2 + 0.2 · y3 + 3 · y4 ≥ 6, 3
  · y1 + 0.5 · y2 + 0.5 · y3 + 6 · y4 ≥ 8, 4 · y1 + 0.4 · y2 + 0.8 · y3 + 4 · y4 ≥ 10, y1 + 0.8 · y3
  + 3 · y4 ≥ 3, y1 ≥ 0, y2 ≥ 0, y3 ≥ 0, y4 ≥ 0};
      W := 900 y1 + 210 y2 + 164 y3 + 1400 y4
ineq := {0 ≤ y1, 0 ≤ y2, 0 ≤ y3, 0 ≤ y4, 3 ≤ y1 + 0.8 y3 + 3 y4, 6 ≤ 2 y1 + 0.6 y2 + 0.2 y3
  + 3 y4, 8 ≤ 3 y1 + 0.5 y2 + 0.5 y3 + 6 y4, 10 ≤ 4 y1 + 0.4 y2 + 0.8 y3 + 4 y4}
> minimize(W, ineq);
      {y1 = 1.909090909, y2 = 3.181818182, y3 = 1.363636364, y4 = 0.}
> assign(minimize(W, ineq)); W;
      2610.000000

```

Рисунок 2. – Розв'язок двоїстої задачі у пакеті Maple.

Змінні $y_1 \approx 1,91$, $y_2 \approx 3,18$, $y_3 \approx 1,36$, $y_4 = 0$ визначають умовні оцінки одиниці ресурсів час, деревина, скло та обладнання відповідно. Оцінки час, деревина, скло відмінні від нуля, тобто ці ресурси використовуються цілком при оптимальному плані виробництва продукції, тобто є дефіцитними. Двоїста оцінка ресурсу обладнання дорівнює нулю. Цей вид ресурсу не повністю використовується при оптимальному плані виробництва продукції. Чим вища є величина оцінки, тим гостріше дефіцитність ресурсу.

Список літератури

1. Бех О.В., Городня Т.А., Щербак А.Ф. Математичне програмування: Навчальний посібник. Львів: “Магнолія 2006”, 2007. 200 с.
2. Білоус А.Б., Могила І.А. Прикладні задачі дослідження операцій на транспорті. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012, 36 с.
3. Махней О.В., Гой Т.П. Математичне забезпечення автоматизації прикладних досліджень. Івано-Франківськ: Сімик, 2013. 304 с.

References

1. Bex O.V., Gorodnya T.A., Shcherbak A.F. Mathematical programming: Tutorial. Lviv: "Magnoliya 2006", 2007. 200 p.
2. Bilous A.B., Mogyla I.A. Applied research problems of transport operation. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2012. 36 p.
3. Makhney O.V., Goy T.P. Mathematical support of automation of applied research. Ivano-Frankivsk: Simyk, 2013. 304 p.

Світлана Стинько, ВИРОБНИЧИЙ КОНТРОЛЬ ЗА УМОВАМИ ПРАЦІ.....	580
Стефанія Денега, Лариса Руденко, ФАКТОРИ РИЗИКУ ТА ЗАХИСТУ ФОРМУВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО ВИГОРАННЯ СЕРЕД ПОСТАЧАЛЬНИКІВ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ У ВОЄННИЙ ЧАС.....	584
Фульмас А.І, Ровецький І. М. СИСТЕМА ПОШУКУ ТА МОНІТОРИНГУ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ГОСПІТАЛІВ.....	589
Юлія Пиріг, Горностаї О.Б., ВАЖЛИВІ АСПЕКТИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ- МІЖНАРОДНИХ НОРМ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ.....	592

Секція 8 / Section 8

ПРИРОДНИЧІ, БІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Анастасія Фрис, Балицька В.О., ОПТОВОЛОКНО: ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ.....	596
Анна Чабан, Наталія Гринчишин, РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНСАЛТИНГУ НА РИНКУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ.....	601
Баць В.А., ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ТА ПРОБЛЕМА ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ.....	604
Валентина Кукса, СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ЗБЕРЕЖЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	608
Вікторія Ващук, Соломія Писаревська, Зіновій Яремко, УСВІДОМЛЕННЯ СТУДЕНТСЬКОЮ МОЛОДДЮ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВІЙНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	613

<i>Ірина Федів, Катерина Степова</i> , ВИКОРИСТАННЯ ЦЕОЛІТІВ ТА ГЛИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД МІЮЧИХ ЗАСОБІВ.....	617
<i>Кирил Савчин, Наталія Гринчишин</i> , ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ СНІГОВОГО ПОКРИВУ В КАРПАТСЬКОМУ БІОСФЕРНОМУ ЗАПОВІДНИКУ	621
<i>Максим Рудий, Ірина Кочмар</i> , ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В МЕЖАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	624
<i>Максим Федаш, Тарас Гембара</i> , МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ТРІЩИН В ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ У СЕРЕДОВИЩІ ВОДНЮ ПРИ СКЛАДНОМУ НАПРУЖЕНОМУ СТАНІ.....	628
<i>Марта Труш, Чмир О.Ю.</i> , ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ПАКЕТУ MAPLE ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РОЗПОДІЛ РЕСУРСІВ.....	633
<i>Мар'ян Воробець, Уляна Хром'як</i> , ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК (рН) ВОДИ У М. ВИННИКИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	638
<i>Олександра Жоріна, Наталія Гринчишин</i> , МІНЕРАЛЬНІ ТА ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ДОСЯГНЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ.....	642
<i>Тетяна Пекарюк, Катерина Король, Василь Попович</i> , ДЕСТРУКТИВНИЙ ВПЛИВ ВІЙНИ НА ЕКОСИСТЕМИ УКРАЇНИ ТА ГЛОБАЛЬНИЙ КЛІМАТ.....	647
<i>Дмитро Горб, Іван Паснак</i> , АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧИННИКІВ НА ТРИВАЛІСТЬ РУХУ ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ДО МІСЦЯ ВИКЛИКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	651