

УДК 332.142

Тарадай В.Н.
здобувачХарківського національного університету міського господарства
імені О.М. Бекетова**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ
РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОСТІ ХАРКІВСЬКОГО РЕГІОНУ****MATHEMATICAL MODEL RESOURCE MANAGEMENT
OF INDUSTRY KHARKIV REGION****АНОТАЦІЯ**

У статті розроблено економіко-математичну модель управління ресурсами розвитку промисловості Харківського регіону. У побудованій математичній моделі розподілу ресурсів в якості коефіцієнтів цільової функції використано середні питомі ваги індексів обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції.

Ключові слова: промисловість, регіон, ресурси, розвиток, модель.

АННОТАЦИЯ

В статье разработана экономико-математическая модель управления ресурсами развития промышленности Харьковского региона. В построенной математической модели распределения ресурсов в качестве коэффициентов целевой функции использованы средние удельные веса индексов объема промышленной продукции Харьковского региона по видам промышленной деятельности в совокупном объеме промышленной продукции.

Ключевые слова: промышленность, регион, ресурсы, развитие, модель.

ANNOTATION

The article presents an economic-mathematical model of Kharkiv region industry resource development management. In the developed mathematical model of resources distribution the average specific weight volume indices of industrial products of Kharkiv region by the types of industrial activity in total industrial production were taken as objective function coefficients.

Keywords: industry, region, resources, development, model.

Постановка проблеми. Сьогодні для України особливо важливою представляється проблема ресурсного забезпечення. Темпи розвитку економіки будь-якої країни безпосередньо залежать від ефективності використання наявних ресурсів. Задача розподілу ресурсів є однією з найважливіших з точки зору управління будь-якою організаційною системою. У зв'язку з цим виникає необхідність побудови ефективної моделі розподілу ресурсів між основними видами промислової діяльності Харківського регіону з урахуванням факторів впливу на перспективу розвитку промисловості в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам управління ресурсами присвячено праці багатьох провідних вчених-економістів. Серед них: Н.М. Гуляєва [1], І.В. Челноков [2], Н.О. Кодратенко [3], Є.В. Лапін [4], В.В. Микитенко [5], Т.О. Мокроусова [6], І.М. Писаревський [7] та ін. Але питання, пов'язані з розподілом ресурсів серед видів промислової діяльності на регіональному рівні, є недостатньо опрацьованими, що й зумовило вибір теми дослідження.

Мета статті полягає у розробці економіко-математичної моделі управління ресурсами розвитку промисловості Харківського регіону з урахуванням факторів впливу на перспективу розвитку промисловості регіону в цілому.

Виклад основного матеріалу дослідження. Визначені основні фактори впливу регіонального рівня на ресурси розвитку промисловості регіону та їх відповідність щодо наявних ресурсів (табл. 1). Для розв'язання означеної проблеми нами були проаналізовані найпоширеніші механізми розподілу ресурсів та запропонована власна модель.

Таблиця 1

Основні фактори впливу регіонального рівня на ресурси розвитку промисловості регіону та їх відповідність щодо наявних ресурсів

Фактори впливу на ресурси розвитку промисловості регіону регіонального рівня	Види ресурсів розвитку промисловості регіону
Інвестиції в основний капітал у промисловості регіону	Технічні Інвестиційні Фінансові
Рівень зайнятості у промисловості регіону	Технічні Трудові
Рівень середньої заробітної плати у промисловості регіону	Трудові
Загальний обсяг інноваційних витрат промислових підприємств у регіоні	Природні Сировинні Інноваційні
Кількість інноваційно активних підприємств у промисловості регіону	Природні Інноваційні
Загальна кількість суб'єктів підприємницької діяльності у промисловості регіону	Інноваційні Економічні

Очевиднішим та найпростішим є розподіл ресурсів пропорційно середній питомій вазі індексів обсягу промислової продукції за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції (табл. 2).

У випадку дефіциту бюджету (у разі неможливості задовольнити ресурсами у повному обсязі) звертаються до механізму прямих пріоритетів. Згідно з цим механізмом, кожна і галузь отримує ресурс x_i за правилом:

Таблиця 2
Середня питома вага індексу обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції

№	Індекси обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності	Середня питома вага індексу обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції
	Промисловість	100
1	Добувна промисловість	5,5
2	Виробництво харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів	26,4
3	Легка промисловість	4,4
4	Оброблення деревини та виробництво виробів з деревини, крім меблів	2,2
5	Целюлозно-паперове виробництво; видавнича діяльність	1,8
6	Виробництво коксу, продуктів нафтопереробки	5,2
7	Хімічна та нафтохімічна промисловість	1,6
8	Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції	10,1
9	Металургійне виробництво та виробництво готових металевих виробів	3,2
10	Машинобудування	17,7
11	Виробництво та розподілення електроенергії, газу та води	21,9

$$x_i = \min \{s_i, \gamma A_i s_i\},$$

де s_i – величина ресурсу, що потребує і галузь;

A_i – пріоритет галузі;

γ – спільний для всіх параметр, що визначають за умови розподілу всього ресурсу R без залишку:

$$\sum_{i=1}^n x_i = R; \quad \gamma = \frac{R}{\sum_{i=1}^n s_i}. \quad (1)$$

За умови «рівності» всіх видів промислової діяльності при розподілі ресурсів механізм прямих пріоритетів набуває вигляду $x_i = \min \{s_i, \gamma A_i s_i\}$. Тобто всі види промислової діяльності отримують менше, ніж потребують, але пропорційно числу γ . У нашій постановці задачі параметр γ співпадає зі значеннями серед-

ніх питомих значень індексів обсягу промислової продукції за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції.

Перевагою цього методу є простота та наочність. Але недоліків набагато більше. При цьому підході зовсім не враховується тенденція розвитку того чи іншого виду промислової діяльності протягом останніх років, не проводиться аналіз впливу макроекономічних факторів. Звернемося до механізму обернених пріоритетів за формулою:

$$x_i = \min \{s_i, \gamma A_i / s_i\}. \quad (2)$$

Бачимо, що ті, хто потребує занадто малих або занадто великих ресурсів, отримують неадекватно мало, тому необхідно визначити рівноважний набір стратегій $s_i^* = \sqrt{\gamma A_i}$, де параметр γ визначається за умови:

$$R = \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n s_i^* = \sum_{i=1}^n \sqrt{\gamma A_i}; \quad \sqrt{\gamma} = \frac{R}{\sum_{i=1}^n \sqrt{A_i}}. \quad (3)$$

Визначимо параметр γ :

$$\sqrt{\gamma} = \frac{100}{\sqrt{5,5 + \sqrt{26,4} + \sqrt{4,4} + \sqrt{2,2} + \sqrt{1,8} + \sqrt{5,2} + \sqrt{1,6} + \sqrt{10,1} + \sqrt{3,2} + \sqrt{17,7} + \sqrt{21,9}}} = 3,355.$$

Зауважимо, тут і надалі будемо розраховувати розподіл ресурсів у відносних одиницях: 100 – це 100% усіх ресурсів, що маємо у наявності. Занесемо до таблиці результати обчислень розподілу ресурсів за методом обернених пріоритетів (табл. 3).

Метод обернених пріоритетів має ряд переваг перед методом прямих пріоритетів, а саме дає можливість рівноважно розподіляти ресурси, які є у наявності, не перебільшуючи потреби одного виду промислової діяльності у порівнянні з іншим. Слід зауважити, що за рахунок округлення при обчисленні (у нашому випадку – до трьох знаків після коми), сума всіх поділених ресурсів може незначно відрізнятись від заданої (у нас 99,996 проти заданих 100).

Цікавим є й метод відкритого управління, який дозволяє не перебільшувати об'єктивні потреби кожного виду промислової діяльності. Розглянемо механізм його використання на прикладі, коли за об'єктивними причинами кількість ресурсів, що виділяються, має бути зменшена (наприклад, на 10%), а потреби виду промислової діяльності залишилися на попередньому рівні. Він проводиться у декілька етапів. На першому етапі ресурси розподіляються між видами промислової діяльності рівномірно, за потребою, якщо потреба не перебільшує відношення всіх ресурсів до кількості видів промислової діяльності:

$$\frac{R}{n} = \frac{90}{11} = 8,182.$$

Ця умова виконується для 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9-го видів промислової діяльності. Після

Таблиця 3

Результати обчислень розподілу ресурсів за методом обернених пріоритетів

1	2	3	7	5	6	7	8	9	10	11
5,5	26,4	4,4	2,2	1,8	5,2	1,6	10,1	3,2	17,7	21,9
7,868	17,238	7,038	4,976	4,501	7,651	4,244	10,662	6,002	14,115	15,701

розподілу ресурсів між ними, залишається $R_1=90-5,5-4,4-2,2-1,8-5,2-1,6-3,2=66,1$. На другому етапі розподілимо залишок ресурсів між чотирма іншими видами промислової діяльності:

$$\frac{R_1}{n_1} = \frac{66,1}{4} = 16,025.$$

Отримати ресурс за потребою зможе лише 8-й вид промислової діяльності. При цьому залишок $R_2=66,1-10,1=56$. Для трьох видів промислової діяльності, що залишилися, маємо:

$$\frac{R_2}{n_2} = \frac{56}{3} = 18,667.$$

Цього буде достатньо для 10 видів, при цьому залишок $R_3=56-17,7=38,3$. Для двох видів промислової діяльності, що залишилися, маємо:

$$\frac{R_3}{n_3} = \frac{38,3}{2} = 19,15.$$

Цього замало для 2-го та 11-го видів промислової діяльності, тому вони отримують порівну – по 19,5 (табл. 4).

Перевагою даного методу є можливість не лишати без інвестиційної підтримки види промислової діяльності, потреби яких не перебільшені.

Звернемося до сучасних методів управління ресурсами, а саме до метода динамічного програмування (ДП). Розв'язання задач методами динамічного програмування проводиться на основі сформульованого Р.Е. Белманом принципу оптимальності [8; 9].

Розглянемо спочатку дискретну математичну модель розподілу ресурсів. Нам треба розподілити ресурси, що маємо у наявності між 11 видами промислової діяльності Харківського регіону. На основі статистичних даних за 2008–2013 рр. сформуємо таблицю індексу обсягу продукції, припускаючи, що фінансування пропорційно обсягу продукції, що випускається, тобто запишемо адитивну функціональну залежність індексу обсягу продукції від кількості років (у нашому припущенні – частин ресурсів, що розподіляються) (табл. 5).

Запишемо математичну модель розподілу R ресурсів між $n=11$ видами промислової діяльності, обсяг продукції яких $F_i(x_i)$, у залежності від наданих ресурсів x_i , був би максимальним.

Необхідно визначити вектор $X^*=(x_1^*, x_2^*, \dots, x_{11}^*)$, який би задовольняв умові:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{11} x_i = R; \\ x_i \geq 0; \quad i = \overline{1,11} \end{cases} \quad (4)$$

та забезпечував би максимум функції:

$$Z(X) = \sum_{i=1}^{11} x_i \cdot F_i(x_i) \rightarrow \max. \quad (5)$$

Для розв'язання завдання розіб'ємо процес оптимізації на 11 кроків і будемо на кожному k -му кроці оптимізувати інвестування не всіх видів промислової діяльності, а з k -го по 11-й. При цьому важливо пам'ятати, що в інші види – з 1-го по k -й – теж вкладаються ресурси, тому на інвестування видів промислової діяльності з k -го по 11-й вкладається не весь ресурс, а, можливо, величина менша – $C_k < R$. Ця величина й буде змінною стану системи. Змінною управління на k -му кроці будемо вважати величину x_k ресурсів, які плануються вкладати в k -й вид промислової діяльності. В якості функції Белмана $Z_k(C_k)$ на k -му кроці обираємо максимально можливий обсяг продукції з k -го по 11-й вид промислової діяльності за умови, що на їх інвестування залишилося C_k ресурсів. Зрозуміло, що при наданні k -му виду промислової діяльності x_k ресурсів, буде отриманий обсяг виробництва $Z_k(x_k)$, а систем до $k+1$ кроку перейде у стан S_{k+1} , і на інвестування видів промислової діяльності з $(k+1)$ -ої по 11-ту залишиться $C_{k+1}=C_k-x_k$ ресурсів.

Таким чином, на першому кроці умовної оптимізації при $k=11$, функція Белмана представляє собою лише максимальний обсяг виробництва з 11-го виду промислової діяльності. Для того щоб отримати цей максимальний обсяг, можна виділити йому всі ресурси $Z_{11}(C_{11})=F_{11}(C_{11})$ та $x_{11}=C_{11}$.

На кожному наступному кроці для обчислення функції Белмана необхідно використовувати результати попереднього кроку. Нехай на k -му етапі для інвестування з k -го по 11-й вид промислової діяльності залишилося C_k ресурсів, тоді при наданні k -му виду x_k ресурсів буде отриманий $F_k(x_k)$, а на інвестування інших залишиться $C_{k+1}=C_k-x_k$ ресурсів. Максимально

Таблиця 4

Результати обчислень розподілу ресурсів за методом відкритого управління

1	2	3	7	5	6	7	8	9	10	11
5,5	19,5	4,4	2,2	1,8	5,2	1,6	10,1	3,2	17,7	19,5

Таблиця 5

Аддитивний показник питомої ваги індексу обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності за 2008(1)–2013(6) рр.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5,50	26,40	4,40	2,20	1,80	5,20	1,60	10,10	3,20	17,70	21,90
2	9,60	56,24	5,35	6,11	3,07	8,87	4,54	17,76	6,34	38,60	43,52
3	14,10	81,68	6,83	9,59	4,57	13,21	7,99	25,56	9,69	59,93	66,85
4	18,24	110,98	7,91	12,79	5,98	17,29	11,15	32,08	12,72	78,88	91,97
5	24,90	141,39	8,99	16,30	7,08	20,47	14,58	38,81	15,75	98,20	113,52
6	34,42	145,23	10,26	19,95	7,99	23,11	18,21	45,44	18,95	116,76	132,65

можливий обсяг, який можна отримати з k -ої по 11-ої галузі, буде дорівнювати:

$$Z_k(C_k) = \max_{x_k \leq C_k} \{F_k(x_k) + Z_{k+1}(C_k - x_k)\}.$$

Максимум ця функція набуває при деякому значенні x_k^* , яке приймаємо за оптимальне за k -му кроці для стану системи S_k . Повторюючи цю процедуру, можна визначити функції Белмана та оптимальні значення розподілу ресурсів до кроку $k=1$.

Значення функції Белмана $Z_1(C_1)$ представляє собою максимально можливий обсяг виробництва всіх видів промислової діяльності, а значення x_1^* , на якому визначається максимум, є оптимальною долею ресурсів, що надаються першому виду. Далі, на етапі безумовної оптимізації, для всіх наступних кроків обчислюється величина $C_k = C_{k-1} - x_{k-1}^*$. Оптимальним управлінням на k -му кроці є та величина x_k^* , яка забезпечує максимум обсягу виробництва при відповідному стані системи S_k .

Для реалізації цього алгоритму, як правило, застосовують метод оберненої прогонки. Ними він реалізований на базі табличного процесора MS Excel.

За результатами безумовної оптимізації можемо зробити висновки о необхідності виділення 2-му виду промислової діяльності «Виробництво харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів» 5-ти з 6-ти частин ресурсів, а 11-му виду «Виробництво та розподілення електроенергії, газу та води» – 1-ї частини ресурсів. Не можемо вважати такий розподіл ресурсів справедливим. Пояснення такому розподілу базується на тому факті, що доля цих

двох видів промислової діяльності в загальному обсязі виробництва суттєво перебільшує інші (наприклад, 26,4% 2-го виду проти 1,6% 7-го). Адже дискретна математична модель розподілу ресурсів у даній постановці завдання не дає задовільного результату.

Головний її недолік – це неможливість урахування тенденцій розвитку кожного з видів промислової діяльності при розподілі ресурсів. Тому нами була зроблена спроба сформулювати цю задачу, припускаючи нелінійний характер обсягу виробництва кожного з видів.

З цієї метою був проведений аналіз динаміки обсягу реалізованої продукції з прогнозуванням методом зваженого ковзного середнього [10].

Нагадаємо, що метод зваженого ковзного середнього базується на тому факті, що вплив усіх реальних показників, що використовуються при розрахунках, не є однаковим, більш «свіжі» дані, як правило, впливовіші. При цьому вводиться поняття «ваги» кожного з показників: старіші дані мають меншу вагу, свіжіші – більшу. Математично цей метод можна описати формулою:

$$f_k = \sum_{i=1}^N \omega_{k-i} \cdot x_{k-i}. \quad (6)$$

Зауважимо, що величина «ваги» ω_k завжди величина додатна й задовольняє умові $0 \leq \omega_k \leq 1$. При розрахунках ми приймали $N=3$ і $\omega_1=0,1$, $\omega_2=0,3$, $\omega_3=0,6$ (ці вагові коефіцієнти використовуються найчастіше).

Отримані дані занесені до таблиці, де перший з рядків для кожного виду промислової

Таблиця 6

Прогнозування середньої питомої ваги обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції до 2017 р.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	5,50	4,10	4,50	4,14	6,66	9,52				
				4,48	4,24	5,69	8,12	8,40	8,43	8,39
2	26,40	29,84	25,44	29,30	30,41	30,84				
				26,86	28,20	29,58	30,56	30,63	30,63	30,62
3	4,40	0,95	1,48	1,08	1,08	1,27				
				1,61	1,19	1,12	1,19	1,21	1,21	1,21
4	2,20	3,91	3,48	3,20	3,51	3,66				
				3,48	3,36	3,41	3,57	3,59	3,59	3,59
5	1,80	1,27	1,50	1,41	1,10	0,91				
				1,46	1,42	1,23	1,02	0,99	0,99	0,99
6	5,20	3,67	4,34	4,08	3,18	2,64				
				4,23	4,12	3,57	2,95	2,88	2,87	2,88
7	1,60	2,94	3,45	3,16	3,43	3,63				
				3,11	3,23	3,35	3,52	3,55	3,55	3,54
8	10,10	7,66	7,80	6,52	6,73	6,63				
				7,99	7,02	6,77	6,65	6,65	6,65	6,65
9	3,20	3,14	3,35	3,03	3,03	3,20				
				3,27	3,14	3,06	3,13	3,14	3,14	3,14
10	17,70	20,90	21,33	18,95	19,32	18,56				
				20,84	19,86	19,41	18,83	18,80	18,78	18,79
11	21,90	21,62	23,33	25,12	21,55	19,13				
				22,67	24,23	22,80	20,46	20,17	20,15	20,19

діяльності – результати статистичних досліджень, а другий – результат прогнозування за методом зваженого ковзного середнього (табл. 6).

Далі була проведена апроксимація обсягу реалізованої продукції поліномами другої степені.

Тепер спробуємо розглянути іншу постановку завдання. Нам потрібно розподілити R ресурсів між 11 видами промислової діяльності. Нехай приріст у загальному обсязі виробництва залежить від виділеного ресурсу x_i для i виду промислової діяльності й виражається квадратичними залежностями, які ми отримали в результаті апроксимації:

$$F_1(x_1) = -0,020x_1^2 + 0,779x_1 + 3,285;$$

$$F_2(x_2) = -0,066x_2^2 + 1,179x_2 + 25,59;$$

$$F_3(x_3) = 0,072x_3^2 - 0,963x_3 + 4,022;$$

$$F_4(x_4) = -0,023x_4^2 + 0,336x_4 + 2,500;$$

$$F_5(x_5) = 0,013x_5^2 - 0,223x_5 + 1,913;$$

$$F_6(x_6) = 0,037x_6^2 - 0,644x_6 + 5,556;$$

$$F_7(x_7) = -0,043x_7^2 + 0,062x_7 + 1,498;$$

$$F_8(x_8) = 0,082x_8^2 - 1,169x_8 + 10,46;$$

$$F_9(x_9) = 0,002x_9^2 - 0,036x_9 + 3,246;$$

$$F_{10}(x_{10}) = -0,025x_{10}^2 + 0,164x_{10} + 19,260;$$

$$F_{11}(x_{11}) = -0,026x_{11}^2 - 0,064x_{11} + 22,710.$$

Знайдемо методом множників Лагранжа розподіл ресурсів, який би забезпечив максимальний обсяг виробництва промислової продукції кожним з видів промислової діяльності. Для цього запишемо функцію сукупного обсягу продукції всіх видів:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^{11} F_i(x_i) \rightarrow \max. \quad (7)$$

У такій постановці задачі функція Лагранжа набуває вигляду:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_{11}, \lambda) = \sum_{i=1}^{11} F_i(x_i) + \lambda \left(\sum_{i=1}^{11} x_i - R \right). \quad (8)$$

Точку умовного екстремуму знайдемо з необхідної умови екстремуму функції багатьох змінних – рівності нулю частинних похідних першого порядку:

$$\begin{cases} -0,04x_1 + 0,779 + \lambda = 0 \\ -0,132x_2 + 1,179 + \lambda = 0 \\ 0,144x_3 - 0,963 + \lambda = 0 \\ -0,046x_4 + 0,336 + \lambda = 0 \\ 0,026x_5 - 0,223 + \lambda = 0 \\ 0,074x_6 - 0,644 + \lambda = 0 \\ -0,086x_7 + 0,062 + \lambda = 0 \\ 1,164x_8 - 1,169 + \lambda = 0 \\ 0,004x_9 - 0,036 + \lambda = 0 \\ -0,05x_{10} + 0,164 + \lambda = 0 \\ -0,052x_{11} - 0,064 + \lambda = 0 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} = R \end{cases}$$

Розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь з 12 невідомими ми провели за допомогою засобів Excel. При розв'язанні системи у нас виникла ситуація, коли величини ресурсів, що потрібно виділити 5-му та 6-му видам промислової діяльності, приймають від'ємні значення, що, безумовно, не має ніякого сенсу. Але, проаналізувавши динаміку розвитку цих видів, бачимо різке падіння обсягу виробництва.

Виключив ці види промислової діяльності з розв'язання системи, отримали коректне рішення. Аналіз був проведений як для випадків планового зменшення обсягів виробництва ($R < 100$), так і для випадків збільшення ($R > 100$).

Але й такий аналіз не може нас задовольнити цілком. Повноцінне планування розподілу ресурсів неможливо проводити лише за питомою вагою обсягу продукції кожного з видів промислової діяльності Харківського регіону без урахування основних факторів впливу (табл. 1).

Для подальшого аналізу було проведено прогнозування основних факторів впливу методом зваженого ковзного середнього (табл. 7).

Таблиця 7

Прогнозування основних факторів впливу методом зваженого ковзного середнього

Прогнозування динаміки факторів впливу методом зваженого ковзного середнього											
	2003	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
інвестиції в основний капітал	1,00	0,90	0,76	0,94	0,61	0,64					
				0,33	0,33	0,72	0,66	0,65	0,65	0,65	
рівень зайнятості	1,00	0,39	0,37	0,37	0,90	0,84					
				0,39	0,87	0,89	0,86	0,86	0,36	0,86	
Рівень зарплати	1,00	1,07	1,30	1,55	1,75	1,90					
				1,20	1,42	1,64	1,82	1,84	1,34	1,34	
Обсяг інноваційних витрат	1,00	1,50	1,91	2,93	2,65	2,34					
				1,73	2,49	2,66	2,49	2,46	2,46	2,46	
Кількість інн. акт. підпр.	1,00	1,23	1,57	1,47	1,80	1,93					
				1,41	1,48	1,68	1,84	1,86	1,86	1,36	
Кількість суб'єктів підпр. д.	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,09					
				1,03	1,05	1,06	1,08	1,08	1,08	1,08	
Обсяг реалізованої продукції	1,00	0,33	1,01'	1,24	1,25	1,38					
				0,96	1,13	1,22	1,33	1,33	1,34	1,34	

З цією метою сформуємо цільову функцію W , яка визначає завдання, що треба розв'язати при оптимізації, та визначимо критерій оптимальності (у нашому випадку – максимум загального обсягу продукції Харківського регіону). В якості керуючих змінних, тобто тих величин, змінюючи які ми наближаємося до мети, оберемо ресурси, які необхідно виділити кожній з галузей X . Цей набір керуючих змінних і є розв'язанням задачі. В якості параметрів моделі α обираються заздалегідь відомі фактори, на які ми при розв'язанні задачі не можемо впливати. Наші параметри моделі – це виділені нами фактори впливу на розвиток видів промислової діяльності.

У загальній постановці задача знаходження оптимального рішення $x^* \in X$, яке б при заданих фіксованих параметрах α , забезпечило би по можливості максимальне значення критерію ефективності W , має вигляд:

$$W^* = W(x^*, \alpha) = \max_{x \in X} W(x, \alpha) . \quad (9)$$

Наша цільова функція – загальний обсяг промислової продукції Харківського регіону – може бути записана як:

$$W = 5,5x_1 + 26,4x_2 + 4,4x_3 + 2,2x_4 + 1,8x_5 + 5,2x_6 + 1,6x_7 + 10,1x_8 + 3,2x_9 + 17,1x_{10} + 21,9x_{11} = \sum_{i=1}^{11} c_i x_i \rightarrow \max.$$

Обмеження сформуємо за факторами впливу:

$$\begin{cases} \text{Кількість інноваційно активних підприємств} \\ \text{Рівень зайнятості (трудові ресурси)} \\ \text{Рівень заробітної плати} \\ \text{Обсяг інноваційних витрат} \\ \text{Кількість суб'єктів підприємницької діяльності} \\ \text{Інвестиції у основний капітал} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sum_{j=1}^{11} a_{1j} x_j \geq b_1 \\ \sum_{j=1}^{11} a_{2j} x_j \leq b_2 \\ \sum_{j=1}^{11} a_{3j} x_j \leq b_3 \\ \sum_{j=1}^{11} a_{4j} x_j \geq b_4 \\ \sum_{j=1}^{11} a_{5j} x_j \leq b_5 \\ \sum_{j=1}^{11} a_{6j} x_j \leq b_6 \end{cases}$$

Задачі у даній постановці, як правило, розв'язують аналітичним або графічним методом. У MS Excel існує можливість за допомогою настройки «Пошук рішення» знайти оптимальне рішення при декількох вхідних значеннях і наборі обмежень розв'язок (рис. 1).

Аналіз отриманих результатів обчислень

пояснимо на прикладі даних рис. 1. Коефіцієнти цільової функції та нерівностей, що описують обмеження, сформовані згідно з отриманими раніше статистичними даними. Сумарні значення описаних коефіцієнтів як цільової функції, так і факторів впливу дорівнюють 100. У правій частині обмежень представлені рекомендовані величини факторів впливу, а в лівій – отримані в результаті обчислень значення величин, обраних в якості факторів впливу.

У наведеному прикладі ми запропонували підвищити кількість інноваційно активних підприємств на 10%, трудові ресурси – на 5%, рівень заробітної плати – на 20%, обсяг інноваційних витрат – на 5%, кількість суб'єктів підприємницької діяльності – на 10%, а інвестиції в основний капітал залишити на попередньому рівні.

У прикладі, з урахуванням вимог до збільшення або зменшення факторів впливу (колонка «знак» – \leq або \geq), ми отримали запропоновані значення факторів впливу (колонка «ліва частина»): кількість інноваційно-активних підприємств доцільно збільшити на 10,95%, трудові ресурси – на 5%, рівень зарплати – на 7,56%, обсяг інноваційних витрат – на 7,83%, суб'єктів підприємницької діяльності – на 10%, а інвестиції в основний капітал залишити на попередньому рівні.

Червоним на рис. 1 виділений максимум цільової функції – максимальний обсяг промислової продукції всіх видів промислової діяльності Харківського регіону. У представленому прикладі ми знайшли розв'язок, при якому обсяг промислової продукції Харківського регіону в сукупності збільшиться на 7,78%.

Зеленим на рис. 1 позначені значення коефіцієнтів отриманих ресурсів видами промислової діяльності при заданих обмеженнях. Пошук рішення проводився з припущенням, що розподіл усіх ресурсів між усіма видами рівномір-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1																			
2		Розподіл ресурсів																	
3			Змінні																
4		Галузі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
5		Значення	0,988	1,283	0,344	1,015	1,199	0,843	1,306	1,519	1,281	1,019	0,851						
6		Н.гр.																	
7		В.гр.																	
8		коеф.ЦФ	5,50	26,40	4,40	2,20	1,80	5,20	1,60	10,10	3,20	17,70	21,90	107,780	max				
9																			
10			Обмеження																
11		Тип													ліва част.	знак	права ч.		
12		Інновац. акт. підпр.	2,10	17,80	7,30	3,10	7,20	2,10	4,40	11,40	12,10	22,40	10,10	110,95	>=		110,00		
13		Трудові ресурси	2,20	14,50	10,10	3,30	7,20	4,30	2,10	7,20	12,80	24,90	11,40	105,00	<=		105,00		
14		Рівень зарплати	13,50	7,80	4,80	5,20	8,30	11,50	10,40	7,80	10,90	8,30	11,50	107,56	<=		120,00		
15		Обсяг іннов. витрат	1,70	10,20	4,20	1,60	7,60	3,30	7,10	2,40	18,40	29,90	13,10	107,83	>=		105,00		
16		суб. підпр. діяльн	4,50	30,10	1,10	3,20	1,20	2,90	2,20	7,10	4,50	19,40	23,80	110,00	<=		110,00		
17		Інвестиції у осн. кап.	1,20	20,10	18,40	3,10	4,20	2,00	4,60	8,40	7,40	15,20	15,40	100,00	>=		100,00		

Рис. 1. «Пошук рішення»

ний, на рівні статистичних даних за 2013 р. Тобто в якості початкових значень були прийняті значення всіх коефіцієнтів, що дорівнюють 1 (тобто 100%). У результаті обчислень ми отримали рекомендації щодо збільшення обсягу промислової продукції на 7,78%: необхідно всі ресурси, що розподіляються по видам промислової діяльності, збільшити або зменшити відповідно до знайдених значень коефіцієнтів. Так, для 1-го виду необхідно зменшити на 1,2%; для 2-го – збільшити на 28,3%; для 3-го – зменшити на 65,6%; для 4-го – збільшити на 1,5%; для 5-го – збільшити на 19,9%; для 6-го – зменшити на 15,7%; для 7-го – збільшити на 30,6%; для 8-го – збільшити на 51,9%; для 9-го – збільшити на 28,1%; для 10-го – збільшити на 1,9%; для 11-го – зменшити на 14,9%.

При розподілу ресурсів треба пам'ятати, що й величина самих ресурсів збільшена або зменшена у відповідності до значень обчислених факторів впливу. Тобто змінена їх доля для кожного з виду промислової діяльності Харківського регіону. Проілюструємо їх підрахунок на прикладі 1-го виду промислової діяльності. Так, доля інноваційно активних підприємств становить 2,07% (проти 2,2% у 2013 р.), рівень трудових ресурсів – 2,17% (2,2%); рівень зарплати – 13,3% (13,5%); обсяг інноваційних витрат – 1,68% (1,7%); кількість суб'єктів підприємницької діяльності – 4,45% (4,5%); інвестиції в основний капітал – 1,19% (1,2%).

Був проведений великий числовий експеримент для з'ясування оптимального розподілу ресурсів з урахуванням різних обмежень на фактори впливу. Отриманий масив даних дозволяє провести якісний та кількісний аналіз розподілу ресурсів по видам промислової діяльності Харківського регіону, ураховуючи найвпливовіші фактори на особливості їх розвитку.

Висновки. У побудованій математичній моделі розподілу ресурсів в якості коефіцієнтів цільової функції були взяті середні питомі ваги індексів обсягу промислової продукції Харківського регіону за видами промислової діяльності у сукупному обсязі промислової продукції. Цей вибір, на думку автора, є очевидним, тому що ці індекси дійсно характеризують

ефективність роботи кожного з видів. Універсальність побудованого алгоритму полягає в тому, що розв'язати поставлену задачу можна при будь-яких значеннях обмежень факторів впливу. При цьому отримуються оптимальніші значення факторів у кожному з випадків. Алгоритм реалізований на платформі MS Excel, що робить його доступним для користувачів. Його нескладно адаптувати для будь-якої кількості галузей, видів промислової діяльності (підприємств) та обмежень – факторів впливу на роботу економічних об'єктів, що досліджуються.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Гуляєва Н.М. Фінансові ресурси підприємства / Н.М. Гуляєва, О.В. Сьомко // Фінанси України. – 2003. – № 12. – С. 58–62.
2. Региональная экономика: организационно-экономический механизм управления ресурсами развития региона / И.В. Челноков, Б.И. Герасимов, В.В. Быковский; под науч. ред. д-ра эконом. наук, проф. Б.И. Герасимова. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2002. – 112 с.
3. Кондратенко Н.О. Теоретико-методологічні засади стратегії ресурсозбереження у регіональних економічних системах: дис. ... д.е.н.: спец. 08.00.05 / Н.О. Кондратенко. – Київ, 2011. – 469 с.
4. Лапін Є.В. Економічний потенціал підприємств промисловості: формування, оцінка, управління: автореф. дис. ... д.е.н. / Є.В. Лапін; Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України. – Харків, 2006. – 36 с.
5. Микитенко В.В. Діагностика стратегічного потенціалу підприємства / В.В. Микитенко, І.А. Ігнатієва // Вісник економічної науки України. – 2005. – № 2. – С. 77–80.
6. Мокроусова Т.О. Фактори підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів / Т.О. Мокроусова // Формування ринкових відносин в Україні. – 2005. – №4. – С. 86–88.
7. Писаревський І.М. Підвищення ефективності використання ресурсів у плануванні виробничих процесів / І.М. Писаревський // Фінанси України. – 2005. – № 10. – С. 91–100.
8. Беллман Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М.: ИЛ, 1960. – 430 с.
9. Химмельблау Д.М. Прикладное нелинейное программирование / Д.М. Химмельблау. – М.: Мир, 1975. – 534 с.
10. Математические методы построения прогнозов / А.А. Грешников, В.А. Стакун, А.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.