

Методичні аспекти аналітичних досліджень

Каїра З.С., канд. техн. наук

Донецький державний університет управління

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ: ПРИКЛАД ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Запропоновано метод підвищення надійності прогнозів, заснований на використанні декількох прогнозних моделей з подальшим їх об'єднанням у лінійну модель за певним принципом. Оригінальність методу полягає в розрахунку вагових коефіцієнтів для кожної пари окремих прогнозів, що об'єднуються в єдину модель. Представлено прогноз показника на прикладі об'єднання чотирьох прогнозних моделей.

В умовах формування ринкової економіки є важливим удосконалення процесів, що впливають на функціонування економічної системи в Україні, яка потребує ефективних способів впливу держави на її розвиток. Одним із основних завдань, які стоять перед виробничим підприємством, є вибір і застосування оптимальних засобів і методів управління, що дозволяють підвищити обґрунтованість ухвалюваних рішень. Ефективне вирішення цього завдання можливе на основі методів інноваційного управління із застосуванням інформаційних комп'ютеризованих систем і технологій. Підвищення результативності управління вимагає вдосконалення й більш широкого використання методів планування та прогнозування економічних показників роботи підприємства, регіону, галузі [1].

Історична логіка розвитку і вдосконалення методів наукового прогнозування відображає зростаючу доступність джерел отримання й обробки інформації, збільшення взаємозалежності досліджуваних об'єктів і складність їх поведінки. На сьогодні методи наукового прогнозування, починаючи з прийомів усереднення показників часових рядів і закінчуючи складними програмно-апаратними системами підтримки прийняття рішень, знаходять дедалі ширше практичне застосування для цілей бізнесу. З'являються нові методи прогнозування у сфері складних комбінованих підходів, які використовують елементи штучного інтелекту, навчання і розвитку. Оскі-



льки останнім часом розроблена велика кількість концепцій й алгоритмів для вирішення специфічних завдань, ймовірно припущення, що в майбутньому очікується домінування розвитку не просто методів прогнозування, а методології прогнозування в цілому. При цьому великого значення набувають методологічні питання підвищення точності прогнозів. Актуальність даної проблеми ілюструє, зокрема, дослідження, проведене на основі аналізу запитів на декількох пошукових сайтах в Інтернеті [3]. Зафіксована кількість сайтів, знайдених по даному запиту, наведена в табл. 1 [див. 3].

Таблиця 1

Кількість запитів щодо проблеми підвищення точності прогнозу

Запит на ключове слово:	Інформаційне джерело							
	Google		Rambler		Yandex		Meta-Ukraine	
	25.02.2005	22.04.2005	25.02.2005	22.04.2005	25.02.2005	22.04.2005	25.02.2005	22.04.2005
Точність прогнозу	14500	14900	7937	7964	1698	1719	1576	1673
Підвищення точності прогнозу	4030	4990	4037	4038	428	505	558	605

Джерело: Щербак И.В., Смирнов А.В. Исследование метода повышения точности регрессионных прогнозных моделей:
<http://www.masters.donntu.edu.ua/2005/fvti/scherbak/links/zvit.htm>

Аналіз значної кількості запитів за ключовими словами "точність прогнозу" і "підвищення точності прогнозу" свідчить про значну поширеність теми, при цьому відзначається тенденція зростання кількості запитів в рамках даного часового періоду з зазначеної тематики, що підтверджує потребу в ширшому представленні теми (не виключаючи, проте, вірогідності засміченості інформаційного простору), а також актуальність досліджуваної проблеми.

Класифікація методів прогнозування включає кількісні і якісні методи прогнозування, які розрізняються за такими основними ознаками:

- *за горизонтом прогнозу*: короткострокові (як правило, в межах року або декількох місяців), середньострокові (декілька років) і довгострокові (більше п'яти років);

- *за типом прогнозування*: евристичні методи, які використовують суб'єктивні дані, оцінки і думки; пошукові методи, які, у свою чергу, діляться на методи екстраполяції, що припускають інерційність розвитку процесу і збереження минулих тенденцій в майбутньому; альтернативні методи прогнозування, що враховують мо-



жливості стрибкоподібної динаміки явищ і різні варіанти їх розвитку, і нормативні, де оцінка розвитку тенденцій проводиться на основі визначених цілей і завдань у спрямуванні процесу розвитку показника в намічене русло;

- *за ступенем однорідності*: на прості і комплексні прогнози, що поєднують в собі декілька методів прогнозування, так звані гібридні алгоритми, що включають декілька різних складових. У гібридних алгоритмах, як правило, має місце синергетичний ефект, при якому недоліки одного методу компенсуються перевагами інших, і підсумкова система показує результат, недоступний жодному з прогнозних компонентів окремо.

У бізнесі в основному застосовують прості суб'єктивні методи прогнозування і деякі кількісні методи, оскільки використання складніших методів не завжди приводить до підвищення точності прогнозів. Сьогодні слід зазначити безперервно зростаючу потребу в прогнозах [4]. Теорія прогнозування і планування економіки надає механізм для визначення майбутніх значень економічних показників і виявлення найефективніших методів управління і регулювання соціально-економічних процесів. Водночас виступає як методологічна основа при розгляді питань прогнозування і планування галузевих економік, таких як економіка промисловості, економіка транспорту, економіка добувної промисловості та ін. Таким чином, місце теорії прогнозування і планування в системі економічних дисциплін визначається тим, що вона є нібито єдиною ланкою економічної теорії, з одного боку, і галузевими економіками – з іншого [5].

Прогнозування і планування економіки є складним багатоступінчастим ітеративним процесом, в результаті якого вирішуються різні соціально-економічні та науково-технічні проблеми, для чого необхідно використовувати поєднання найрізноманітніших методів. Розвиток інформатики і сучасних засобів обчислювальної техніки дає можливість удосконалювати методологію підвищення їх точності та надійності, розширювати діапазон використовуваних методів прогнозування, економити ресурси часу і трудовитрат. Серед методів екстраполяції широко розповсюджений метод підбору функцій, заснований на методі найменших квадратів (МНК). У сучасних умовах дедалі більше значення почали надавати таким модифікаціям МНК, як метод експоненціального згладжування з регульованим трендом і метод адаптивного згладжування [див. 5]. У практиці економічного прогнозування і планування використовується про-



грамно-цільовий метод (ПЦМ) у поєднанні з іншими методами при розробленні цільових комплексних програм, в яких зазначаються мета і комплекс науково-дослідних, виробничих, організаційно-господарських, соціальних завдань і заходів, ув'язаних по ресурсах, виконавцях і термінах виконання.

До невирішених частин загальної проблеми слід віднести аспекти підвищення надійності прогнозів, що використовуються, зокрема, для розроблення цільових програм інноваційного розвитку технічного рівня виробництва.

У даній статті подана розробка методичних аспектів підвищення надійності прогнозів й аналіз їх застосування в цільових комплексних програмах на прикладі науково-технічного розвитку вугільного виробництва. Для формування технічної політики в галузі технічного переоснащення вугільних підприємств, виявлення найважливіших науково-технічних проблем необхідно визначити стартові умови, тобто сучасний стан техніки й технології, а також тенденції їх розвитку. Ці тенденції визначаються для різних типів модернізованих і нових технологій, нетрадиційних засобів вуглевидобування, їх цінкових характеристик, рівнів технічних показників процесів вуглевидобування – навантажень на лаву, темпів проведення виробіток, величини вантажопотоків, якості вугілля, трудомісткості, продуктивності праці, собівартості, показників безпеки і екології та ін. Для отримання більш точного можливого прогнозу необхідно ретельно вибрати вид прогнозних моделей. Якщо пошукові прогнози є об'єктивним відображенням майбутніх подій і процесів, то нормативні або цільові прогнози є основою для розроблення планових заходів, що забезпечують досягнення заданого рівня показника в періоді попередження прогнозу.

На жаль, на сьогодні небагато підприємств регулярно розробляють прогнози ймовірності попиту, які дозволяють належним чином запланувати для непередбачених обставин допустимий ризик, присутній в рішеннях. Методи моделювання досить широко використовуються у вугільній промисловості для планування і прогнозування показників продуктивності праці, трудомісткості, собівартості, деяких технічних показників на окремих процесах і всього виробничого комплексу. На основі різних методів відбору в модель включаються показники або чинники-аргументи, що впливають на рівень результативної ознаки. Для отримання на основі моделі багатофакторної моделі шуканого прогнозу показника необхідно спочатку отримати прогноз незалежних чинників на кожний рік періоду



попередження прогнозу і потім увести їх у модель. Це звичайно здійснюється на основі прогнозування чинників-аргументів за допомогою екстраполяції одновимірної моделі часового ряду. Для побудови багатовимірних прогнозних моделей можна використовувати метод регресійного аналізу (МРА) при допущенні, що характер зв'язків факторіальних і результативних чинників залишається незмінним у часі. Важливою особливістю таких моделей є можливість варіювання значень деяких "керованих" чинників, що використовується при нормативному прогнозуванні. Застосування в різних комбінаціях розглянутих вище методів прогнозування дозволяє не тільки виявити майбутні проблеми галузі, але також оцінити їх значення в економічному аспекті.

Аспекти надійності прогнозів. Підвищення ефективності процесу ухвалення рішень залежить від кількості і якості альтернатив, що розглядаються. Отже, вирішальним моментом є ідентифікація "кращої" альтернативи, при цьому доступні різноманітні методи маркетингових досліджень, що стимулюють творчий процес менеджера і розширюють допустиму сферу альтернатив. Уявляється, що проблему вибору "найкращої" моделі і підвищення надійності прогнозу можна розв'язати на основі запропонованого нижче методичного підходу, що припускає розроблення декількох прогнозних моделей з подальшим об'єднанням або "зважуванням" кожного прогнозу за певним правилом. При цьому важливим є питання про використання критерію зважування об'єднаних прогнозів. Пропонований метод підвищення надійності прогнозів заснований на використанні декількох прогнозних моделей з подальшим їх об'єднанням в єдиний прогноз [6, 7]. Таким чином, варіанти прогнозних оцінок об'єднуються в єдину оцінку прогнозу для кожного періоду часу. Перевагою подібної інтеграції є "абсорбція" як більш точних, так і менш точних моделей, а величина дисперсії кожної моделі повинна враховуватися у вагах об'єднуючого рівняння. Іншими словами, більш точна прогнозна модель повинна мати більш високий ваговий коефіцієнт в об'єднуючому рівнянні. Як критерій узагальнення прогнозів можна розглянути мінімізацію дисперсії помилок прогнозних моделей [див. 6]. Щоб знайти залежність для узагальнюючого рівняння можна використовувати клас лінійних функцій [див. 7]:

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n u_i y_i, \quad (1)$$

де \hat{y} – узагальнена прогнозна оцінка; u_i – коефіцієнт "зважування" i -ї прогнозної моделі, що залежать від її точності, тобто величини



дисперсії помилки прогнозу; y_i – оцінка прогнозу i -ї прогнозної моделі.

Розглянемо процес об'єднання двох прогнозів, y_1 і y_2 . Помилки моделей e_i розглядатимуться як реалізація деяких випадкових значень e_i ($i = 1, 2$), які вірогідно мають нормальний розподіл з параметрами, не залежать від y_i і від різних спостережень. Крім того, випадкова двовимірна величина (e_1, e_2) імовірно має нормальний розподіл з нульовим математичним очікуванням, з певними дисперсіями $\sigma_i^2(e)$ і з певним коефіцієнтом кореляції $r(e_1, e_2)$. При фіксованих значеннях y_1 і y_2 значення об'єднаного прогнозу $\hat{y}(y_1, y_2)$ можна знайти з умови максимуму нормальної кривої розподілу для (e_1, e_2) при невідомих значеннях e_1 і e_2 , що залежать тільки від y [8]. Згідно з принципом максимуму правдоподібності, можна знайти значення $e_1 = \hat{y} - y_1$ і $e_2 = \hat{y} - y_2$. Знаходження \hat{y} означає пошук значення y_1 , яке може мінімізувати квадратичну форму (2):

$$\phi(y) = \left(\frac{y - y_1}{\sigma_1(e)} \right)^2 - 2r(e_1, e_2) \cdot \left(\frac{y - y_1}{\sigma_1(e)} \right) \left(\frac{y - y_2}{\sigma_2(e)} \right) + \left(\frac{y - y_2}{\sigma_2(e)} \right)^2. \quad (2)$$

Застосувавши до (2) техніку знаходження абсолютного екстремуму, можна знайти вираз для об'єднуючої функції:

$$\begin{aligned} \hat{y}(y_1, y_2) &= \frac{\sigma_2^2(e) - r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e)}{\sigma_1^2(e) - 2r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e) + \sigma_2^2(e)} y_1 + \\ &+ \frac{\sigma_1^2(e) - r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e)}{\sigma_1^2(e) - 2r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e) + \sigma_2^2(e)} y_2, \end{aligned}$$

або

$$\hat{y}(y_1, y_2) = u_1 y_1 + u_2 y_2, \quad (3)$$

де u_1, u_2 – шукані чинники, що мінімізують дисперсію помилки об'єднаного прогнозу, яким повинне задовольняти таке рівняння:

$$\sum_{i=1}^n u_i = 1, \text{ тобто } u_1 + u_2 = 1. \quad (4)$$

Вага u_i в (3) не залежать від фіксованих значень y_1 і y_2 . Це дозволяє розглядати залежність (3) як досить просту функцію для об'єднання прогнозів y_1 і y_2 . Узагальнююча функція має ряд властивостей. Так, при $r(e_1, e_2) = 0$, маємо:

$$u_2 = \frac{\sigma_1^2(e)}{\sigma_1^2(e) + \sigma_2^2(e)}; \quad u_1 = \frac{\sigma_2^2(e)}{\sigma_1^2(e) + \sigma_2^2(e)},$$



тому

$$u_1 : u_2 = \frac{1}{\sigma_1^2(e)} : \frac{1}{\sigma_2^2(e)}, \quad (5)$$

тобто прогнози y_1 і y_2 "зважуються" пропорційно їх точності. При $\sigma_1(e) : \sigma_2(e) \rightarrow 0$ маємо $u_1 \rightarrow 1$, отже, істотно більш точна залежність матиме в рівнянні (3) переважну вагу. Для прогнозних моделей, що мають досить близькі значення $\sigma_1(e)$ і $\sigma_2(e)$, вага u_1 відрізнятиметься незначно. Підставимо $R_{1,2}$ в (4) замість $\hat{y}(y_1, y_2)$, $u_2 = 1 - u_1$, і тоді рівняння (4) набуде вигляду:

$$R_{1,2} = u_1 y_1 + (1 - u_1) y_2, \quad (6)$$

де

$$u_1 = \frac{\sigma_2^2(e) - r(e_1, e_2) \sigma_1(e) \sigma_2(e)}{\sigma_1^2(e) + \sigma_2^2(e) - 2r(e_1, e_2) \sigma_1(e) \sigma_2(e) + \sigma_2^2(e)}. \quad (7)$$

Вираз (7) дозволяє об'єднати дві прогнозні моделі, для об'єднання більшого числа варіантів можна використовувати метод групового обліку аргументів [9]. Суть методу полягає в попарному об'єднанні варіантів прогнозних моделей (6): $R_{1,2}$ – для 1-го і 2-го варіантів прогнозу, $R_{3,4}$ – для 3-го і 4-го, і т. д. (рис. 1).

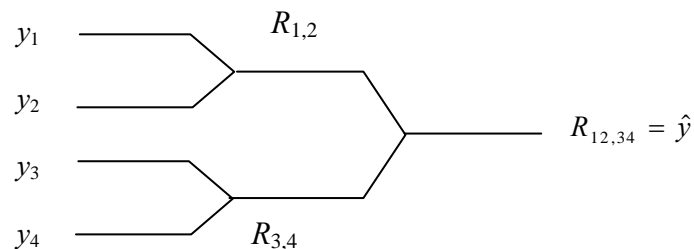


Рис. 1. Процес узагальнення чотирьох прогнозних варіантів

Реалізація запропонованого методу узагальнення прогнозів. Застосування методу узагальнення прогнозних альтернатив проілюстровано на прикладі пошукового прогнозування часового ряду прогнозованого показника якості (зольності) вугілля за 20 періодів (табл. 2).

Таблиця 2

Початковий часовий ряд даних $X_t (t = 20)$

Час t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X_t	19	20,7	24,7	19	19,3	20,5	18,3	22,7	17	7	24	26,7	22,7	24,5	25,6	24,7	26,9	23	24,5	27



Для пошукового прогнозу були розраховані чотири види залежності: поліноміальна залежність другого порядку, лінійна модель, логарифмічна і степенева моделі, загальний вигляд і параметри яких наведені в табл. 3. Аналіз параметрів чотирьох прогнозних моделей, приведених в табл. 3, показує, що поліноміальна і лінійна моделі мають найбільший коефіцієнт кореляції і найменші відхилення.

Таблиця 3

Моделі прогнозування, варіанти прогнозів і об'єднаний прогноз

Прогнозна модель	Варіанти прогнозу на період:					Об'єднаний прогноз на період:				
	t=21	t=22	t=23	t=24	t=25	t=21	t=22	t=23	t=24	t=25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1) $y = 0,02x^2 - 0,04x + 20,22$ $r = 0,75; \sigma = 2,26$	27,17	27,88	28,64	29,43	30,25	27,15	27,85	28,58	29,35	30,14
2) $y = 0,35x + 18,62$ $r = 0,74; \sigma = 2,30$	25,93	26,28	26,63	26,97	27,32					
3) $y = 2,54Ln(x) + 16,78$ $r = 0,63; \sigma = 2,57$	26,97	27,62	28,31	29,03	29,78					
4) $y = 17,35x^{0,1125}$ $r = 0,62; \sigma = 2,52$	24,44	24,57	24,69	24,81	24,93					

Значення окремих прогнозів були отримані методом екстраполяції моделей (1), (2), (3) і (4) для майбутніх періодів часу $t = 21, 22, 23, 24, 25$ і приведені в стовпцях 2, 3, 4, 5, 6 табл. 3. Згідно із запропонованим методом узагальнення прогнозів наступним етапом є розрахунок вагових коефіцієнтів u_i об'єднуючого рівняння для 4-х прогнозних варіантів за формулою (7).

Для цього були виконані допоміжні розрахунки показників: розраховані ряди значень залишків e_i , їх середньоквадратичні відхилення і коефіцієнти кореляції між рядами залишків $r(e_1, e_2)$ спочатку попарно для чотирьох прогнозних моделей (1 і 2) і (3 і 4), а потім для об'єднання отриманих пар [(1,2) і (3,4)] (див. рис. 1).

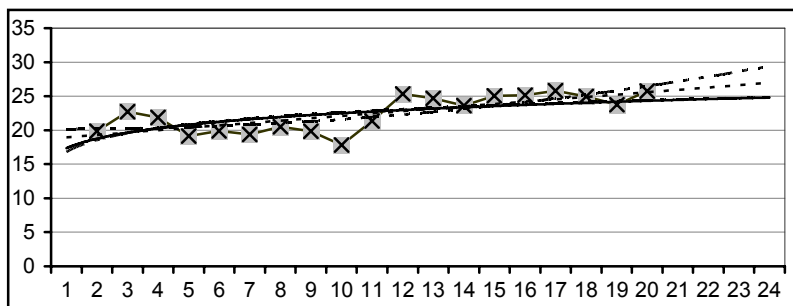


Рис. 2. Початковий часовий ряд і прогноз показника зольності вугілля



Значення коефіцієнтів кореляції, що розраховані для кожної пари рядів залишків, складають: $r(e_1, e_2) = 0,973$; $r(e_3, e_4) = 0,998$; $r(e_{1,2}, e_{3,4}) = 0,402$.

Розрахунок вагових коефіцієнтів для об'єднання першої пари прогнозних (поліноміальної і лінійної) моделей виконаний таким чином:

$$u_1 = \frac{\sigma_2^2(e) - r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e)}{\sigma_1^2(e) + \sigma_2^2(e) - 2r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e)} = \frac{5,30 - 0,973 \times 2,26 \times 2,30}{5,11 + 5,30 - 2 \times 0,973 \times 2,26 \times 2,30} = 0,82,$$

тоді

$$u_2 = 1 - 0,82 = 0,18.$$

Продовжуючи аналогічні розрахунки значень вагових коефіцієнтів для узагальнення другої пари (логарифмічної і ступеневої) моделей, одержуємо:

$$u_3 = \frac{\sigma_2^2(e) - r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e)}{\sigma_1^2(e) + \sigma_2^2(e) - 2r(e_1, e_2)\sigma_1(e)\sigma_2(e)} = \frac{6,34 - 0,99 \times 2,57 \times 2,52}{6,59 + 6,34 - 2 \times 0,99 \times 2,57 \times 2,52} = -3,94.$$

У результаті були отримані такі значення всіх вагових коефіцієнтів u_i для об'єднання прогнозів в єдину модель:

$$u_1 = 0,82; u_2 = 0,18; u_3 = -3,94; u_4 = 4,94; u_{1,2} = 1,015; u_{3,4} = -0,015.$$

Слід зазначити, що отримані вище значення вагових коефіцієнтів u_i для "зважування" кожної моделі прогнозу згідно з початковою умовою (4), за якою сума всіх вагових коефіцієнтів u_i при об'єднанні попарно моделей (1 і 2), (3 і 4), а потім об'єднанні прогнозів (1, 2) і (3, 4), в сумі дають одиницю:

$$(u_1 + u_2) = 0,82 + 0,18 = 1;$$

$$(u_3 + u_4) = -3,94 + 4,94 = 1$$

$$(u_{1,2} + u_{3,4}) = -0,15 + 1,015 = 1.$$

Підставивши послідовно всі значення розрахованих вище вагових значень u_i в узагальнююче рівняння (1), після перетворень одержуємо модель (12), що об'єднує всі прогнозні альтернативи:

$$\begin{aligned} \tilde{y} = (1,015y_{1,2} - 0,015y_{3,4}) = 1,015(0,82y_1 + 0,18y_2) - 0,015(-3,94y_3 + \\ + 4,94y_4) = 0,8323y_1 + 0,1827y_2 + 0,0591y_3 - 0,0741y_4. \end{aligned} \quad (12)$$

Аналіз коефіцієнтів в рівнянні (12) показує, що більш точні залежності (1) і (2) увійшли до узагальнюючого рівняння з переважними вагами. Для отримання з'єданого прогнозу отримані значення приватних прогнозів Y_i для періодів $t = 21, 22, 23, 24, 25$ в стовпцях 2, 3, 4, 5, 6 з табл. 3 підставлялися в об'єднуюче прогнозне рівняння (12); результати розрахунку наведені в правій частині табл. 3. Отриманий об'єднаний прогноз є більш стійким, об'єднавши прогнозні оцінки декількох прогнозних сценаріїв з урахуванням точно-



сті кожної альтернативи у вигляді вагового коефіцієнта прогнозу для кожної моделі (рис. 3).

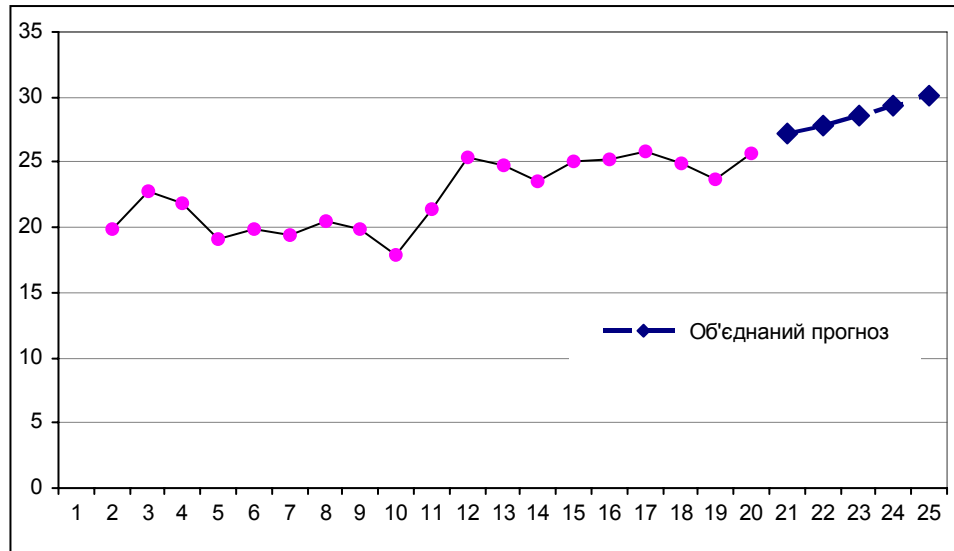


Рис. 3. Об'єднаний прогноз показника зольності вугілля, що видобувається

Реалізація запропонованого методу об'єднання прогнозів виконана на прикладі пошукового прогнозування показника трудомісткості очисних робіт вугледобувного підприємства [10]. В табл. 3, за даними статистичної звітності, наведені динамічні ряди трудомісткості робіт в очисних заоях шахт України за 20 років.

В табл. 4 також наведені значення основних чинників, що впливають: рівні видобутку вугілля з використанням механізованих комплексів, вузькозахватних комбайнів з індивідуальним кріпленням і широкозахватних комбайнів, а також відповідні ряди показників середнього навантаження на очисні забої. Також наведені, за п'ятирічками, значення середніх довжин лав і потужностей пласту за вказаними видами техніки.

Пошукове прогнозування показника здійснено в наступні п'ять етапів:

1) методом найменших квадратів (МНК) були розраховані тренди для апроксимації часових рядів результуючих і факторіальних ознак;

2) за рівняннями трендів були отримані прогнозні значення чинників;

3) за допомогою методу множинного регресійного аналізу (МРА) були побудовані моделі результативної ознаки (трудомісткості



Таблиця 4

Динамічні ряди і прогнози* результативного показника і чинників-аргументів

Рік, t	$\frac{чол.-}{см/1000m}$	$Y_{мк.}, \%$ X_1	$Y_{ук.}, \%$ X_2	$Y_{шк.}, \%$ X_3	$Q_{мк.}, т/добу$ X_4	$Q_{ук.}, т/добу$ X_5	$Q_{шк.}, т/добу$ X_6	$m_{нк.}, м$ X_7	$m_{ук.}, м$ X_8	$m_{шк.}, м$ X_9	$l_{шк.}, м$ X_{10}	$l_{ук.}, м$ X_{11}	$l_{шк.}, м$ X_{12}
1	179,5	17,6	37,4	32,2	792	422	247	1,52	1,19	0,88	156	176	143
6	134	47,3	35	12,1	794	401	229	1,44	1,16	0,82	174	187	155
11	158,6	62,8	25,2	7,1	568	306	160	1,36	1,17	0,78	172	188	150
16	165,9	68,2	20,1	5,8	527	252	148	1,33	1,14	0,74	170	181	151
21	161,3	72,8	13,8	4,4	549	227	128	1,32	1,12	0,72	179	187	152
26*	157	75,6	9,62	4,1	545	220	128	1,31	1,12	0,72	178	187	152
31*	158	78,9	6,0	4,0	540	215	127	1,31	1,12	0,72	179	187	152

Примітка: в таблиці прийняті такі позначення:

T – трудомісткість робіт;

$Y_{мк.}, Y_{ук.}, Y_{шк.}$ – рівень видобутку з лав с мехкомплексами, вузькозахватними і широкозахватними комбайнами;

$Q_{мк.}, Q_{ук.}, Q_{шк.}$ – навантаження на лаву;

$m_{нк.}, m_{ук.}, m_{шк.}$ – середні потужності вугільного пласту;

$l_{нк.}, l_{ук.}, l_{шк.}$ – середня довжина лави.

* Прогнози показника T на 26-й та 31-й роки розраховані методом об'єднання прогнозів; прогнози факторів-аргументів отримані за одномірними моделями.

очисних робіт) і було отримано рівняння регресії, приведене в табл. 5. Слід зазначити, що з моделей були виключені чинники "потужність пласта" і "довжина лави" як чинники, що слабо впливають;

4) шляхом підстановки в моделі екстрапольованих значень чинників-аргументів були визначені шукані прогнозні значення показника трудомісткості на періоди $t = 26$ і $t = 31$. Параметри прогнозних моделей, що свідчать про досить високий ступінь надійності для всіх показників, наведені в табл. 5;

5) в результаті для прогнозу показника трудомісткості очисних робіт були розраховані прогнозні значення для періодів часу $t = 26$, і $t = 31$. Потім, згідно з запропонованим методом об'єднання прогнозів, ці значення об'єднали за допомогою приведеної вище об'єднувальної залежності (4), результати комбінованого прогнозу наведені в табл. 5.

Як видно з табл. 5, результати прогнозування трудомісткості робіт, отримані методом найменших квадратів (МНК) і методом множинного регресійного аналізу (МРА) з підстановкою в моделі екстрапольованих на ці роки значень чинників-аргументів, виявилися досить близькими. Узагальнений прогноз дає більш надійні резуль-



Результати прогнозування показника трудомісткості очисних робіт

Найменування показника	Метод моделювання	Прогнозна модель показника	Характеристики моделі		Прогноз показника	
			r	σ	$t = 26$	$t = 31$
Трудомісткість T , чол.-см/1000т	МНК	$T = 152,3 + 0,27t$	0,71	7,1	159	160,6
Трудомісткість T , чол.- см/1000т	МРА	$T = 239 + 0,12X_1 + 0,66X_2 + + 2,58X_3 - 0,164X_4 - 0,1X_5 + + 0,016X_6$	0,96	2,5	155,7	155
					157,3*	157,8*

* Значення, розраховані за методом узагальнення окремих прогнозних моделей.

тати і свідчить, що при збереженні тенденцій, що склалися, в кінці періоду розроблення прогнозу спостерігатиметься повільне зростання трудомісткості очисних робіт, що цілком логічно, враховуючи дуже високий рівень цього важливого показника. Для зміни такої тенденції необхідно розробити і реалізувати в періоді попередження кардинальні науково-технічні заходи, встановивши значення показника, бажане в кінці періоду розроблення прогнозу, що є завданням нормативного прогнозування [див. 11]. Виконаний приклад нормативного прогнозування галузевого показника трудомісткості очисних робіт, що включає запропонований метод узагальнення прогнозів, характеризується економічним ефектом у розмірі 39,6 млн грн [див. 11].

Висновки

Запропонований метод об'єднання прогнозів дозволяє підвищити надійність прогнозування. Використання запропонованого методу доцільне в інформаційних системах підприємств при плануванні маркетингу-мікс, при плануванні закупівель і управлінні запасами, плануванні потужності підприємства, в умовах невизначеності майбутнього попиту, в експертних системах, а також в цільових комплексних програмах економічного і соціального розвитку як дієвого інструменту реалізації економічної політики держави.

Література

1. Закон України "Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України" // Урядовий кур'єр. – 2000. – 6 квітня.
2. Шабанов П. Методы научного прогнозирования и их практическое применение: <http://www.top-manager.ru/?a=1&id=983>



3. *Шербак И.В., Смирнов А.В.* Исследование метода повышения точности регрессионных прогнозных моделей. — <http://www.masters.donntu.edu.ua/2005/fvti/scherbak/links/zvit.htm>
4. *Мячина Т.В.* Методическое обеспечение прогнозирования экономических систем. — <http://www.nwpi.ru/news/doc/d7.doc>
5. *Бокун И.А., Темичев А.М.* Прогнозирование и планирование экономики. — Минск, 2004.
6. *Невелев А.М., Гольцберг М.А., Эльвов С.Н.* О некоторых методах обобщения прогнозов // Экономические проблемы эффективности производства. Вып.7. — К.: Киевский институт народного хозяйства, 1975. — С. 11–43.
7. *Ершов Э.Б.* Об одном методе объединения частных прогнозов // Статистический анализ экономических временных рядов и прогнозирование. — М.: Наука, 1973. — С. 87–105.
8. *Каира З.С., Майдуков Г.Л.* Прогнозирование показателей отрасли с помощью комплекса статистических моделей // Экономика и статистические методы. — 1981. — № 2. — С. 382–386.
9. *Ивахненко А.Г., Лана В.Г.* Предсказание случайных процессов. — К.: Наукова думка, 1971. — С. 416.
10. *Kayira Zoya S.* An Approach to Increase Reliability of the Forecasts in Marketing Decision Making. Donetsk State Academy of Management, Ukraine. 5th International Conference "Integrating Technology & Human Decision-Global Bridges Into the 21st Century. Athens University of Economics & Florida International University. Athens, Greece, 4–7 July 1999, p.47.
11. Методические рекомендации по разработке долговременных целевых программ технического развития угольного производства / Нейенбург В.Е., Кабанов А.И., Каира З.С. и др. — Донецк: Госуглепром Украины, ДОНУГИ, 1993. — 55 с.