

## ЕКОНОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ ТА СВІТОВОГО РОЗВИТКУ

Здійснено аналіз провідного напрямку економетричних методів прогнозування розвитку промисловості (науково-технічного прогресу, світового розвитку) – факторних моделей, які охоплюють виробничі функції та моделі міжгалузевого балансу. Рекомендовано в практиці прогнозування розвитку промисловості використовувати комплексні методи, які поєднують формалізовану визначеність економетричних методів і гнучкі логічні схеми (сценарії) розвитку, що притаманні експертним методам.

**Ключові слова:** прогнозування розвитку промисловості, технічний прогрес, економетричні методи, експертні методи, комплексні методи, виробничі функції, моделі міжгалузевого балансу.

**Вступ.** В умовах зьогодення головною проблемою сучасної економіки є забезпечення економічного зростання, тобто не простого кількісного збільшення валового внутрішнього продукту, а передусім зростання кількості високоякісної продукції та послуг на особу населення. Досвід економічних реформ в Україні переконливо довів, що потрібна послідовна державна промислова політика, спрямована на концентрацію та ефективне використання економічних ресурсів для зростання і розвитку промисловості. Здійснення промислової політики неможливе без передбачення впливу тих чи інших заходів держави на досягнення цілей такої політики. Одним із головних об'єктів прогнозування є показник обсягу виробництва продукції промисловості. Методичні підходи до визначення майбутніх обсягів виробництва продукції промисловості різноманітні: економетричні, експертні, комплексні. До економетричних методів належать методи статистичного оброблення інформації про динаміку показників обсягів виробництва продукції промисловості та чинників, які її обумовлюють. До комплексних методів належать такі методи, які є синтезом як статистичних, так і експертних методів.

Прогнозували обсяги виробництва промисловості, науково-технічний прогрес та світовий розвиток такі видатні вчені, як: Г.Д. Краюхин, Ю.Д. Львов, А.Д. Коробкин (досліджували відтворювальні моделі в умовах нейтрального НТП та збалансованого стаціонарного зростання із заданим темпом тощо), Кобб і Дуглас (вперше розробили виробничу функцію), Тинберген (проводив емпіричні дослідження виробничих функцій), Калдор (розробив модифікований варіант функції технічного прогресу), Ерроу (висунув гіпотезу про те, що капіталовкладення визначають темп технічного прогресу), Берглас (запропонував гіпотезу про обумовленість технічного прогресу кумулятивними капіталовкладеннями, але експериментами не довів її), Шесински (розвивав ідеї Ерроу), Оппенлендер (розробив модель оцінювання технічного прогресу), Форестер (досліджував спрощену модель динаміки світу), Солоу (розробив функцію науково-технічного прогресу), Фельдман (досліджував моделі економічного зростання), Леонт'єв (розробив динамічну модель, яка розглядає капіталовкладення як фактор суспільного виробництва, а також як джерело його зростання) [1-6].

<sup>1</sup> Харківський інститут банківської справи Університету банківської справи НБУ;

<sup>2</sup> Харківський регіональний ін-т Національної академії державного управління при Президентів України

**Метою роботи** є аналіз основних практичних робіт із прогнозування обсягів виробництва та науково-технічного прогресу за останні 40 років, а також обґрунтування застосування комплексних методів дослідження прогнозування інноваційного розвитку промисловості.

Для досягнення визначеної мети використано систему загальнонаукових і спеціальних методів дослідження. Дедуктивний метод – для визначення координат дослідження розвитку промисловості як складної економіко-соціальної системи. Індуктивну логіку застосовували під час аналізу факторних моделей (моделей міжгалузевого балансу та виробничих функцій) обсягу виробництва та науково-технічного прогресу. Системно-структурний аналіз – для обґрунтування використання комплексних методів у прогнозуванні інноваційного розвитку промисловості.

**І. Факторні моделі прогнозування розвитку промисловості (науково-технічного прогресу, світового розвитку).** Економетричні методи об'єднують сукупність методів оброблення динамічних рядів показника обсягу виробництва продукції промисловості за принципом виявлення математичних закономірностей розвитку та рівня впливу чинників на об'єкт прогнозування з метою отримання прогнозних моделей. Економетричні методи поділяють на три підгрупи залежно від характеру інформації та принципу її оброблення: екстраполяції; регресії і кореляції та факторні моделі.

Екстраполяційні прогнози не передбачають зміни тенденцій, а також будь-які коливання обсягів виробництва, на початку ретроспективного періоду мають такий самий вплив на обсяг виробництва в майбутньому, як і амплітудні коливання обсягів виробництва наприкінці цього періоду.

Умовою застосування методів регресії і кореляції є обумовленість динаміки обсягу виробництва продукції промисловості впливом саме таких чинників, які безпосередньо чи опосередковано пов'язані з досліджуваним показником. За допомогою регресивно-кореляційного аналізу досліджуємо вплив таких факторів, як: обсяг основного капіталу, обсяг оборотного капіталу, кількість працівників, продуктивність праці, фондівіддачі, матеріаломісткості продукції та ін. Одним із провідних напрямів економетричних методів є дослідження факторних моделей, які включають виробничі функції та моделі міжгалузевого балансу.

Розглянемо факторні моделі прогнозування розвитку промисловості.

**1. Концепція стаціонарного зростання в умовах нейтрального науково-технічного прогресу** (у рамках відтворювальних моделей) [2, с. 85]:

$$\begin{cases} U(Y^t) \rightarrow \max_{X^t, Y^t}; \\ [E_1 - A_1 - a\Phi_1 - \Phi_1\varepsilon_1]X^t - [A_2 + a\Phi_2 + \Phi_2\varepsilon_2]Y^t = 0; \\ \omega^t L_1^t X^t + \omega^t L_2^t Y^t \leq \omega^t \mathcal{E}. \end{cases} \quad (1)$$

де:  $U(Y^t)$  – цільова функція корисності;  $E_1$  – одинична матриця;  $A_1$  – матриця питомих витрат продукції галузей першої групи на одиницю продукції тієї ж групи;  $A_2$  – матриця питомих витрат продукції першої групи на одиницю продукції другої групи;  $a$  – норма компенсаційних вкладень;  $\Phi_1, \Phi_2$  – вектор

питомої фондомісткості  $j$ -ї продукції;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – діагональні матриці I та II груп;  $\varepsilon_1 = \varepsilon E_1$ ,  $\varepsilon_2 = \varepsilon E_2$ ,  $\varepsilon = \rho - 1$ ,  $\varepsilon$  – темп приросту виробництва;  $X^t, Y^t$  – річні обсяги виробництва галузей I та II груп;  $\omega^t$  – вектор-рядок вартісних ставок праці;  $\hat{Y}^t$  – оптимальна структура сукупного фонду споживання суспільства;  $\hat{X}^t$  – вектор засобів виробництва, який забезпечує задане стаціонарне зростання;  $L^t$  – вектор витрат праці;  $\omega^t L_k^t$  – вектор-рядок вартісних витрат праці за одиницю продукції галузей  $k$ -ої групи ( $k=1,2$ );  $\omega^t \mathcal{E}$  – обсяг суспільно необхідних сукупних витрат праці у вартісному вимірюванні.

**2. Взаємна відтворювальна модель** (описує умови збалансованого стаціонарного зростання з темпом  $\rho$ ) [2, с. 88]:

$$\begin{cases} \omega L_1 X + \omega L_2 Y \rightarrow \max; \\ X^t, Y^t \\ [E_1 - A_1 - a\Phi_1 - \Phi_1 \varepsilon_1] X - [A_2 + a\Phi_2 + \Phi_2 \varepsilon_2] Y = 0; \\ Y = \mathcal{E}. \end{cases} \quad (2)$$

**3. Концепція збалансованого економічного зростання під впливом нерівномірного науково-технічного прогресу загального типу** [2, с. 117, 119, 121]:

$$\begin{cases} U(Y^t) \rightarrow \max; \\ X^t, Y^t \\ [E_1 - A_1^t - a\Phi_1^t - \Phi_1^t \varepsilon_1] X^t - [A_2^t + a\Phi_2^t + \Phi_2^t \varepsilon_2] Y^t = 0; \\ \omega^t L_1^t X^t + \omega^t L_2^t Y^t \leq \omega^t L^t. \end{cases} \quad (3)$$

Якщо врахувати вираз:

$$h\Phi_1^t X^t + h\Phi_2^t Y^t = a^t \Phi_1^t X^t + \Phi_1^t \Delta X + a^t \Phi_2^t X^t Y^t + \Phi_2^t \Delta Y,$$

де:  $h$  – діагональна матриця норм валових капітальних вкладень на реновацію, зрушення та приріст;  $\Delta X$  – зрушення (структурна перебудова),  $\Delta X = \varepsilon_1^t X^t$ ;  $\Delta Y$  – зрушення (структурна перебудова),  $\Delta Y = \varepsilon_2^t Y^t$ , який враховано в темпах приросту поточного споживання;  $t$  – період відтворення, то відтворювальна модель режиму збалансованого зростання може бути представлена у вигляді:

$$\begin{cases} U(Y^t) \rightarrow \max; \\ X^t, Y^t \\ [E_1 - A_1^t - a^t \Phi_1^t - \Phi_1^t \varepsilon_1^t] X^t - [A_2^t + a^t \Phi_2^t + \Phi_2^t \varepsilon_2^t] Y^t = 0; \\ \omega^t L_1^t X^t + \omega^t L_2^t Y^t \leq \omega^t L^t. \end{cases} \quad (4)$$

Якщо врахувати вираз:

$$\Delta M_1(\Delta Y) = \varepsilon_1^t(\Delta Y)X^t; \Delta M_2(\Delta Y) = \varepsilon_2^t(\Delta Y)Y^t,$$

де:  $\Delta M_1, \Delta M_2$  – зрушення структури потужностей у двох підрозділах;  $\Delta Y$  – зміна структури кінцевого споживання;  $\Delta X$  – зрушення виробництва в I-й

групі;  $\varepsilon^t(\Delta Y)$  – темпи приросту потужностей, які враховано залежно від діючого рівня потужності без резервів (тобто від обсягу виробництва). Тоді концептуальна відтворювальна модель може бути представлена у вигляді:

$$\begin{cases} \Delta Y \rightarrow opt; \\ [E_1 - A_1^t - a^t \Phi_1^t - \Phi_1^t \varepsilon_1^t(\Delta Y)] X^t - [A_2^t + a^t \Phi_2^t + \Phi_2^t \varepsilon_2^t(\Delta Y)] Y^t = 0; \\ \omega L_1^t X^t + \omega L_2^t Y^t \leq \omega L^t. \end{cases} \quad (5)$$

де:  $a^t$  – норми компенсації виробничих фондів;  $\varepsilon_1^t, \varepsilon_2^t$  – темпи приросту потужностей у кожному підрозділі.

**4. Функція технічного прогресу Калдора** [3, с. 63]:

Модифікований варіант:

$$\frac{\dot{p}_t}{p_t} = f\left[\frac{\dot{i}_t}{i_t}\right],$$

де:  $\dot{p}_t / p_t$  – темпи зростання продуктивності праці робітників на введених в дію нових установках;  $\dot{i}_t / i_t$  – зростання валових капіталовкладень у розрахунок на одного зайнятого. У модифікованому варіанті постулюється залежність між темпом зростання продуктивності праці робітників на введених в дію нових установках ( $\dot{p}_t / p_t$ ) і зростанням валових капіталовкладень у розрахунок на одного зайнятого ( $\dot{i}_t / i_t$ ) [3, с. 63].

**5. Модель Ерроу** – "Модель навчання в процесі виробництва" [3, с. 66]:

$$x = \int_{G'}^G \gamma(G) dG,$$

де:  $G$  – раніше здійснені валові капіталовкладення;  $G' \dots G$  – засоби виробництва;  $x$  – випуск продукції;  $\gamma(G)$  – виробничі потужності основних засобів виробництва з порядковим номером  $G$ .

$$L = \int_{G'}^G \lambda(G) dG,$$

де:  $L$  – загальна чисельність зайнятих;  $\lambda(G)$  – зайняті на основних засобах виробництва з порядковим номером  $G$ . Експериментальним шляхом встановлено, що  $\lambda(G) = bG^{-n}$ , де  $b > 0; 1 > n > 0$ . Коефіцієнт  $b$  характеризує уклін кривої навчання.

**6. Гіпотеза Бергласа** – "технічний прогрес обумовлено кумулятивними капіталовкладеннями" [3, с. 68]:

$$y = a_1 c + a_2 u + a_3 u^2 + a_4 \sum I,$$

де:  $y$  – виробнича функція;  $a$  – коефіцієнт навчання;  $c$  – логарифм значення капіталу в розрахунок на одного зайнятого;  $u$  – логарифм значення чисельності зайнятих;  $\sum I$  – логарифм значення кумулятивного обсягу капіталовкладень.

**7. Шесинські перевірили гіпотезу Ерроу** [3, с. 68-69]:

Отримані за допомогою CES-функції оцінки вказують на позитивний коефіцієнт навчання  $a$ ; його значення знаходяться у межах 0,57 і 0,03. Темп технічного прогресу, зв'язаного з часовим трендом, як правило, малий та часто статистично незначний.

**8. Модель Оппенлендера для оцінки технічного прогресу** (концепція індукованого капіталовкладеннями технічного прогресу) [3, с. 76-78]:

Макроекономічна виробнича функція:

$$Y_t = \gamma \text{Exp} \left( \frac{\lambda}{(\chi I)_1} \sum_{i=0}^{t-1} (\chi I)_{t-i} \right) L_t^{r\alpha} (cK)_t^{r(1-\alpha)} e^{u_t},$$

де:  $t = 1, 2, 3, \dots$   $i = 0, 1, 2, \dots$

При цьому

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{1-a}, 0 \leq \chi \leq 1, 0 \leq c \leq 1,$$

де:  $Y$  – знову створена вартість;  $L$  – трудові ресурси;  $K$  – основний капітал;  $I$  – валові виробничі капіталовкладення;  $c$  – індекс завантаження використання основного капіталу;  $a$  – еластичність випуску по праці;  $b$  – еластичність випуску по капіталу;  $\alpha$  – частка заробітної плати;  $\beta$  – частка прибутку;  $\chi$  – частка капіталовкладень, які індукують технічний прогрес, в загальному обсязі валових капіталовкладень;  $r$  – коефіцієнт віддачі від масштабу;  $\lambda$  – коефіцієнт ефективності індукованого капіталовкладеннями технічного прогресу (визначається за допомогою регресійного аналізу);  $u$  – випадкова змінна;  $e$  – основа натурального логарифма;  $\gamma$  – "масштабований" коефіцієнт, значення якого залежать від вибору одиниці вимірювання змінних моделі.

Фрон установив, провівши ряд експериментів, що варто віддавати перевагу логарифмічному запису виробничої функції:

$$\ln Y_t = \ln \gamma + \frac{\lambda}{(\chi I)_1} \sum_{i=0}^{t-1} (\chi I)_{t-i} + r [\alpha \ln L_t + (1-\alpha) \ln (cK)_t] + u_t.$$

Тут оцінювальними параметрами є  $\gamma, \lambda$  і  $r$ . Для  $Y, \chi, I, \alpha, L, c$  і  $K$  необхідно мати часові ряди даних.

**9. Динамічні моделі розвитку Світу** (за Форрестером-Куперсом) [1, с. 271-272].

Сім рівнянь динаміки світового розвитку, рівняння за населенням, капіталовкладеннями, забрудненням навколишнього середовища, природними ресурсами, капіталовкладеннями в сільське господарство, матеріальними рівнями життя, споживанням їжі.

**10. Метод групового обчислення аргументів** (МГОА) [1, с. 276].

Багаторядний селекційний алгоритм МГОА використовує лінійні часткові описи виду:  $y = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j$ , завдяки чому єдине з рівнянь, яке селектується на останньому ряді, також набуває лінійного вигляду.

**11. Об'єктивна модель світу** – метод синтезу управління з оптимізацією прогнозу для лінійних систем при малому числі регулюючих впливів (або метод оптимізації за допомогою повного перебору вершин гіперкубу можливих впливів) [1, с. 283].

Рівняння синтезуються при кожному поступленні нових точок інтерполяції. Якщо поступаючи нові точки не змінюють рівняння значно, необхідно порівнювати між собою лише дев'ять варіантів управління. Рівняння синтезуються при кожному поступленні нових точок інтерполяції. Якщо поступаючи нові точки не змінюють рівняння значно, необхідно порівнювати між собою лише дев'ять варіантів управління.

**12. Від'ємно-біноміальне розподілення як модель інноваційного прогресу** (абстрактний кумулятивний ймовірнісний процес, який відображає реальний інноваційний процес) [5, с. 68]:

$$P(n) = \left(1 + \frac{m}{R}\right)^{-R} \frac{\Gamma(n+R-1)}{\Gamma(n)\Gamma(R-1)} \left(\frac{m}{m+R}\right)^n,$$

де:  $P(n)$  – ймовірності появи нововведень;  $m$  – середнє;  $R$  – показник  $\alpha + 1$ .

**13. Моделі розвитку технології:**

$$lqY_t = \alpha_1(1-\lambda) + \beta_1(1-\lambda)lqX_t + \lambda lqY_{t-1}, \quad lqY_t = \alpha_2(1-\lambda) + \beta_2(1-\lambda)lqX_t + \lambda lqY_{t-1}.$$

де:  $X$  – набутий досвід практичного характеру;  $Z$  – масштаб;  $Y$  – характеристика (міра технології);  $\lambda$  – коефіцієнт нерівноваги,  $0 < \lambda < 1$ .

**14. Функція Кобба-Дугласа** [6, с. 182]:

$$V = AL^\alpha K^\beta,$$

де:  $V$  – обсяг виробництва у вартісному виразі (у порівняльних цінах);  $L$  – витрати праці;  $K$  – обсяг основних фондів у вартісному виразі (у порівняльних цінах);  $\alpha$  і  $\beta$  – невідомі параметри, які визначаються у процесі розрахунків;  $A$  – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від розміру  $K, L$  і  $V$ .

**15. Специфічна форма рівняння** – представлення ролі науково-технічного прогресу в економічному зростанні [6, с. 189]:

$$V = Ae^{u} L^\alpha K^\beta,$$

де  $u$  – вплив науково-технічного прогресу.

**16. Емпіричне визначення науково-технічного прогресу** (формула Тинбергена) [6, с. 193]:

$$Y_0 = AY_1^{\alpha_1} Y_2^{\alpha_2} e^{\alpha_3 t} U_0,$$

де  $u = \alpha_3$ .

**17. Формула визначення автономного впливу науково-технічного прогресу на ріст продуктивності праці** (функція Р. Солоу) [6, с. 194]:

$$\left[ \Delta \left( \frac{V}{L} \right) : \left( \frac{V}{L} \right) \right] = [\Delta A(t) : A(t)] + (iK : V) \left[ \Delta \left( \frac{K}{L} \right) : \left( \frac{K}{L} \right) \right],$$

де:  $A$  – науково-технічний прогрес;  $A(t) = u$ ;  $t$  – період;

**18. Перша радянська модель економічного зростання** – модель Г.А. Фельдмана [6, с. 203-205]. Основні рівняння моделі:

$$I = I_0 \text{Exp}\left(\frac{\gamma}{V_1} t\right), \quad C = C_0 + I_0 \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{(1-\gamma)}{\gamma} \left(\text{Exp}\left(\frac{\gamma}{V_1} t\right) - 1\right),$$

$$Y = Y_0 + I_0 \left[ \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{1-\gamma}{\gamma} + 1 \right] \left(\text{Exp}\left(\frac{\gamma}{V_1} t\right) - 1\right),$$

де:  $\lambda$  – частка капіталовкладень, яка направляється на розвиток галузей, що виробляють засоби виробництва;  $I$  – річний розмір капітальних вкладень, що дорівнює, за пропозицією Фельдмана, величині національного доходу, створеної в I підрозділі;  $I_1$  – валові капітальні вкладення в галузях, що виробляють засоби виробництва;  $I_2$  – валові капітальні вкладення в галузях II підрозділу;  $I_1 + I_2 = I$  – сума капітальних вкладень в обох підрозділах, що дорівнює загальним капіталовкладенням у народне господарство;  $V_1$  і  $V_2$  – відповідні коефіцієнти капіталовкладень I і II підрозділів суспільного виробництва, що дорівнюють за своїми значеннями коефіцієнтам граничної корисності капіталу;  $C$  – національний дохід, створений у галузях, що виробляють предмети споживання;  $Y$  – загальний обсяг національного доходу.

**19. Динамічна модель В. Леонтьєва** [6, с. 218-220]:

- закрыта динамічна модель міжгалузевого балансу:

$$x = Ax + D \frac{dx}{dt},$$

- відкрита динамічна модель міжгалузевого балансу:

$$x = Ax + D \frac{dx}{dt} + f,$$

де:  $D$  – матриця коефіцієнтів капіталовкладень;  $A$  – матриця коефіцієнтів прямих затрат;  $f$  – незалежна змінна.

**20. Синтетичний показник визначення технічного рівня** [4, с. 202]:

$$\frac{A + B + C + D}{4},$$

де:  $A$  – кількість патентів;  $B$  – продаж технологій;  $C$  – додана вартість;  $D$  – експорт наукомістких продуктів та виробів.

**21. Формула здатності до технічного розвитку** [4, с. 203]:

$$\frac{E + F + g}{3},$$

де:  $E$  – показник технічного рівня;  $F$  – квадратний корінь добутку витрат на НДР і чисельності науково-дослідного персоналу;  $g$  – половина суми технологічного експорту й закордонних підприємницьких ініціатив.

Останні два синтетичні показники придатні лише для того, щоб дати найбільш загальне представлення про пропорції співвідношень; фактичний рівень технічного розвитку, імовірно, найкраще відображає оцінка самих керівників підприємства.

Виробничі функції у широкому розумінні охоплюють моделювання залежностей, які існують між показниками виробництва, такими як обсяг продукції, собівартість одиниці продукції, величини основного та оборотного капіталу, фондомісткість, кількість працівників, продуктивність праці та ін. У вужчому розумінні виробничою функцією вважають залежність обсягу виробництва продукції від витрат економічних ресурсів.

Факторні моделі економічного зростання (однофакторні та багатфакторні) – це динамічні варіанти виробничих функцій, які характеризують динаміку виробництва залежно від динаміки виробничих факторів (використовуваних виробничих ресурсів).

**II. Аналіз факторних моделей прогнозування розвитку промисловості.** Проведемо аналіз основних практичних робіт із прогнозування обсягів виробництва та прогнозування науково-технічного прогресу.

**1. Концепція стаціонарного зростання в умовах нейтрального науково-технічного прогресу** (у рамках відтворювальних моделей) [2, с. 85]. Оптимальне рішення моделі (1) –  $\hat{Y}^t, \hat{X}^t$  забезпечує, з одного боку, максимальну суспільну користь сукупного фонду споживання, а з іншої – вартісне рівняння сумарних витрат праці суспільно необхідним, тобто  $\omega^t L_1^t X^t + \omega^t L_2^t Y^t = \omega^t \hat{L}^t$ .

Відтворювальна модель описує умови збалансованого стаціонарного зростання, вона є в певному розумінні "стоп кадром" будь-якого періоду стаціонарної траєкторії.

**2. Взаємна відтворювальна модель** (описує умови збалансованого стаціонарного зростання з темпом  $\rho$ ) [2, с. 88]. Модель (2) є задачею мінімізації загальної вартості виробництва оптимального складу сукупного фонду споживання у кожному періоді.

**3. Концепція збалансованого економічного зростання** під впливом нерівномірного науково-технічного прогресу загального типу [2, с. 117, 119, 121]. Моделі (3,4) відображають два основних аспекти динамічної збалансованості економіки (на короткостроковий період): можливість подальшого стаціонарного зростання при незмінності відтворювальних умов та можливості збалансованої перебудови виробництва у кожному періоді при зміні відтворювальних умов в наступному періоді.

**4. Функція технічного прогресу Калдора** [3, с. 63]. Калдор розробив концепцію функції технічного прогресу як альтернативу макроекономічної виробничої функції, яка, за його визначенням, "є суперечною та штучною". На думку Калдора, технічний прогрес, не піддається кількісній оцінці. Поява технічних нововведень та їх освоєння розділені визначеним проміжком часу. Функція технічного прогресу, на відміну від макроекономічної виробничої функції, враховує цей часовий лаг [3, с. 64]. Калдор звернув увагу на індукований технічний прогрес і вказав на проблему взаємозв'язку між процесом нагромадження та технічним прогресом. Однак до депер не відомі спроби оцінок на базі функції технічного прогресу [3, с. 65].

**5. Модель Ерроу** – "Модель навчання в процесі виробництва" [3, с. 66]. "Гіпотеза навчання в процесі виробництва", також як і функція технічного прогресу

ресу, виходить з того положення, що капіталовкладення визначають темп технічного прогресу.

**6. Гіпотеза Бергласа** – "технічний прогрес обумовлено кумулятивними капіталовкладеннями" [3, с. 68]. Експериментами Бергласу не вдалося показати, що будь-які технологічні зрушення визначаються капіталовкладеннями.

**7. Шесинські перевірив гіпотезу Ерроу** [3, с. 68-69]. "Економіка навчання" чинить істотний вплив на зростання продуктивності праці в промисловості. Необхідно відмовитися від спрощеної концепції залежного від часу технічного прогресу та шукати для нього пояснюючі чинники.

**8. Модель Оппенлендера для оцінки технічного прогресу** (концепція індукованого капіталовкладеннями технічного прогресу) [3, с. 76-78]. Оцінка технічного прогресу проводилася для обробної промисловості ФРН. Внаслідок досліджень отримані оцінні значення коефіцієнтів масштабу виробництва й темпів індукованого капіталовкладеннями технічного прогресу в середньому за період 1958-1977 р. У середньому за двадцятилітній період було таке значне відхилення від одиниці, тобто настільки значне збільшення або зменшення економії, зумовленої ростом масштабу виробництва.

**9. Динамічні моделі розвитку Світу** (по Форрестеру-Куіперсу) [1, с. 271-272]. Дж. Форрестер досліджував спрощену модель динаміки Світу до 2100 р. У моделі використовувалась обмежена кількість змінних усереднених для багатьох країн. Використання статистичних даних, автор вважає непотрібним. Статистичні дані використовуються для масштабування кривих в одній точці яка відповідає даним 1970 р. В інших точках криві зображені відповідно апріорним припущенням автора. Припущення такого роду подані у вигляді системи з двадцяти нелінійних рівнянь.

Основна властивість методу динамічного моделювання – суб'єктивність. Метод не придатний для відкриття дійсної структури об'єкту.

**10. Метод Групового Обчислення Аргументів** (МГОА) [1, с. 276].

Селекційні рівняння залишаються оптимальними (за критерем балансу) якщо при  $T_y \leq 40$  років. Інші рівняння задовольняють баланс і за більших попереджень прогнозу (до  $T_y \leq 80$  років).

**11. Об'єктивна модель світу** – метод синтезу управління з оптимізацією прогнозу для лінійних систем при малому числі регулюючих впливів (або метод оптимізації за допомогою повного перебору вершин гіперкубу можливих впливів) [1, с. 283]. Прямі методи моделювання за недовгими послідовностями даних дають змогу отримати об'єктивну модель світу, яка синтезується ЕОМ без суб'єктивних припущень людини.

**12. Від'ємно-біноміальне розподілення як модель інноваційного прогресу** (абстрактний кумулятивний ймовірнісний процес, який відображає реальний інноваційний процес) [5, с. 68]. Запропонована модель механізму, яка є основою інноваційної діяльності в технології, базується на двох простих ймовірнісних схемах: інновації є результатом кумулятивного процесу навчання; прогрес, який досягнуто для різноманітних видів техніки, матеріалізується з однаковою швидкістю.

**13. Моделі розвитку технології** [5, с. 68]. Довгостроковий розвиток технології визначається набутим досвідом практичного характеру та масштабом тієї більш широкій системи, в якій відбувається розвиток цієї технології. Визначальним чинником технічного прогресу є навчання у секторі, який виробляє, а не використовує капітал. Сукупні (валові) капіталовкладення є істотним чинником інноваційного процесу.

**14. Функція Кобба-Дугласа** [6, с. 182]. Незважаючи на недоліки й умовності, практична прийнятність розрахунків на основі виробничих функцій підтверджується зразковим збігом їхніх результатів.

**15. Специфічна форма рівняння** – представлення ролі науково-технічного прогресу в економічному зростанні [6, с. 189]. Незважаючи на недоліки й умовності, практична прийнятність розрахунків на основі виробничих функцій підтверджується зразковим збігом їхніх результатів.

**16. Емпіричне визначення науково-технічного прогресу** (формула Тинбергена) [6, с. 193]. Аналізуючи динамічні ряди показників розвитку чотирьох капіталістичних країн за 1870-1914 р., Тинберген зробив висновок, що середньорічний приріст виробництва за рахунок науково-технічного прогресу за розглянутий період становив у Німеччині – 1,5 %, у Великобританії – 0,3 %, у Франції – 1,1 %, у США – 1,1 %.

**17. Формула визначення автономного впливу науково-технічного прогресу на ріст продуктивності праці** (функція Р. Солоу) [6, с. 194]. Р. Солоу виконав розрахунки для США на основі динамічних рядів за 1909-1949 р. і зробив такий висновок: за досліджуваний період валова продукція на душу населення подвоїлася. 87,5 % даного приросту можна вважати результатом впливу науково-технічного прогресу, а 12,5 % – результатом росту нагромадження капіталу.

**18. Перша радянська модель економічного зростання** – модель Г.А. Фельдмана [6, с. 203-205]. Фельдман виконав конкретні розрахунки, і склав два варіанти плану розвитку економіки СРСР на 1927-1932 р.

**19. Динамічна модель В. Леонтєва** [6, с. 218-220]. Головною особливістю динамічної моделі Леонтєва є те, що капітальні вкладення розглядаються не тільки, як результуючий фактор суспільного виробництва, але і як джерело його зростання.

**20. Синтетичний показник визначення технічного рівня** [4, с. 202]; Формула здатності до технічного розвитку [4, с. 203]. Ці синтетичні показники придатні лише для того, щоб дати найбільш загальне представлення про пропорції співвідношень; фактичний рівень технічного розвитку, імовірно, найкраще відображає оцінка самих керівників підприємства.

Розглянемо переваги та недоліки виробничих функцій. Перевагою виробничих функцій є те, що вони пов'язують економічні фактори у взаємодії. Недоліками виробничих функцій є: не врахування всіх факторів, які впливають на об'єкт прогнозування; всі фактори мають однакову форму зв'язку (однакову тенденцію змін); прогнози економічного зростання не пов'язані з обмеженнями, які впливають з необхідності збереження (або відновлення) рівноважного стану в економіці.

**Висновки.** Поняття виробничих функцій вживають переважно у практиці прогнозування як для розрахунків обсягів виробництва окремих галузей, так і для визначення валового внутрішнього продукту економіки країни загалом, її окремих секторів (передовсім виробничого сектору та міжгалузевих виробничих комплексів).

У практиці прогнозування розвитку промисловості доцільно використовувати комплексні методи, які поєднують формалізовану визначеність економетричних методів і гнучкі логічні схеми (сценарії) розвитку, що притаманні експертним методам. На основі комплексних методів можна моделювати та прогнозувати розвиток складних об'єктів, до яких належить промисловість.

Порівняння різноманітних методологій прогнозування розвитку промисловості, наведених у роботі, дає змогу продовжити подальші дослідження, метою яких є створення науково обґрунтованого прогнозу інноваційного розвитку промисловості регіону.

### Література

1. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А.Г. Ивахненко. – К. : Вид-во "Техника", 1975. – 321 с.
2. Моделирование научно-технического прогресса в машиностроении / Г.Д. Краюхин, Ю.Д. Львов, А.Д. Коробкин и др. / под общ. ред. Г.Д. Краюхина. – Л. : Изд-во "Машиностроение". Ленингр. отд.-ние, 1987. – 272 с.
3. Оппенлендер К.-Г. Технический прогресс: воздействие, оценки, результаты : сокр. пер. с нем. К.-Г. Оппенлендер. – М. : Изд-во "Экономика", 1981. – 176 с.
4. Санто Б. Инновация как средство экономического развития : пер. с венг. Б. Санто / Общ. ред. и вступ. ст. Б.В. Сазонова. – М. : Изд-во "Прогресс", 1990. – 296 с.
5. Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки : пер. с англ. / Д. Сахал / под ред. и вступ. ст. А.А. Рывкина. – М. : Изд-во "Финансы и статистика", 1985. – 366 с.
6. Хоош Янош. Факторы экономического роста : пер. с венг. Янош Хоош. – М. : Изд-во "Экономика", 1974. – 223 с.

### **Жихор О.Б., Коваль Р.А. Эконометрические методы прогнозирования научно-технического прогресса и мирового развития**

Проведен анализ ведущего направления эконометрических методов прогнозирования развития промышленности научно-технического прогресса, мирового развития) – факторных моделей, которые включают производственные функции и модели межотраслевого баланса. Рекомендовано в практике прогнозирования развития промышленности использовать комплексные методы, которые сочетают формализованную определенность эконометрических методов и гибкие логические схемы (сценарии) развития, которые присущи экспертным методам.

**Ключевые слова:** прогнозирование развития промышленности, технический прогресс, эконометрические методы, экспертные методы, комплексные методы, производственные функции, модели межотраслевого баланса.

### **Zhykhor O.B., Koval' R.A. Econometric methods of forecasting for scientific-technical progress and world development**

The analysis of the leading econometric forecasting methods in industrial development (science and technology, international development) – factor models, which include production functions and input-output model. Recommended practice in forecasting industrial development using integrated methods that combine formalized certainty econometric methods and flexible logic (scripts) of inherent expert methods.

**Keywords:** Forecasting industrial development, technological advances, econometric methods, expert methods, complex methods of production functions, input-output model.

**УДК 623.544 Проф. Ю.В. Шабатура, д-р техн. наук; ад'юнкт Р.В. Кузьменко – Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного**

### **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАЛЕЖНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ОБРАЗУ БАЛІСТИЧНОГО ТІЛА**

У контексті широкої задачі з дослідження параметрів траєкторії засобами фото-, відеореєстрації розв'язано актуальну задачу щодо визначення належності елементів цифрового зображення образу балістичного тіла для ідентифікації його контура на цифровому зображенні. В основу розробленого методу покладено чисельний аналіз частот використання кольорів у зображенні за рівнем їх насичення у каналах яскравості та кольору в колірній моделі  $YC_{BCR}$ .

**Ключові слова:** балістичне тіло, траєкторія польоту, цифрове зображення, піксель.

**Актуальність та огляд основних результатів.** Поряд із дослідженням траєкторій польоту балістичних тіл космічного походження випробування нових зразків ракетно-артилерійського озброєння і боєприпасів також потребує проведення відповідних траєкторних досліджень [1]. Раніше такі дослідження проводили з використанням фотокамер, які вели запис на фотоплівку [2]. Сьогодні фотометричні дослідження виконують на основі застосування цифрових засобів фото-, відеореєстрації [3]. Такий підхід дає змогу застосовувати комп'ютерну обробку інформації, що істотно збільшує оперативність і розширює можливості методу. Фотофіксація балістичного тіла, що швидко пересувається як на плівковому так і на цифровому носіїві, має спільні недоліки, які проявляються у тому, що зображення має не чіткі, розмиті контури. Тому в ході аналізу таких знімків виникає актуальне завдання визначення реального контуру зображення балістичного тіла за пікселями. У більшості випадків це завдання є нетривіальним з різних причин.

Серед основних причин, які спричиняють погіршення якості зображення балістичного тіла, окрім традиційних [4-5] (похибки елементів внутрішнього, зовнішнього орієнтування, динаміки балістичного процесу), є і низка інших причин, пов'язаних безпосередньо з алгоритмами оброблення і стиску графічної інформації [6-8]. Отже, завдання з визначення належності кожного окремого пікселя цифрового зображення балістичного тіла є важливим для військової практики та актуальним у науковому плані.

**Мета роботи.** Розроблення методики визначення належності елементів цифрового зображення образу балістичного тіла для ідентифікації контуру балістичного тіла на цифровому зображенні. Для аналізу цифрового фотозображення балістичного тіла будемо використовувати представлення фотозображення у вигляді прямокутного масиву чисел із певного діапазону у відповідній локальній системі координат.

Повноколірне растрове зображення розміром  $M \times N$  точок у цифровому описі, прийнятому в комп'ютерній графіці, задають масивом, кожен елемент якого представлений трьома базовими кольорами. Масив  $M \times N$  із значень базового кольору назвемо колірним каналом. Кодування за рівнем насичення  $\lambda$  базового кольору виконується у діапазоні від 0 до 255, що відповідає кількості інформації у 1 байт або 8 бітів. Відповідно, для кодування трьох базових кольорів однієї точки необхідно 3 байти або 24 біти, у такому випадку кажуть, що глибина кольору 24 біти. Як базові кольори використовують три RGB (червоний, зе-