

УДК 658.5:004

Л.М. Бандоріна, К.О. Удачина

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ЛОКАЛЬНОЇ РЕАКЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА НА КОЛИВАННЯ ФАКТОРНИХ ОЗНАК

У статті розкрито сутність методичного підходу до об'єктивного оцінювання критичних значень зовнішніх або внутрішніх параметрів виробничої програми. Циклічність та непостійність часових класів економічної динаміки зумовили необхідність застосування методів моделювання та аналізу, які спираються на апроксимаційні функції. Як математичний апарат пропонується використовувати сплайн-інтерполяції, основними перевагами якого є стійкість та невелика трудомісткість. Створена система аналізу локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак реалізована у середовищі Microsoft Visual C++ 2010.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, локальна реакція, апроксимація, сплайн, коливання.

Постановка проблеми. Сучасні умови господарювання, які ґрунтуються на дії законів ринку, тобто законів попиту і пропозицій та конкурентної боротьби, змушують підприємства швидко адаптуватися до змін ринкового середовища та уникати необґрунтованого ризику, приймаючи управлінські рішення щодо використання наявних виробничих ресурсів. Часовий ряд економічної динаміки поділяється на структурні елементи, які, з одного боку, становлять сукупність цілісних зв'язків між частинами об'єкта, а з іншого – постійно коливаються під дією зовнішніх та внутрішніх факторів у часі.

Кількісне подання динаміки економічної поведінки своєрідне. Циклічність може проявлятися не лише у часовій поведінці окремо досліджуваного економічного процесу, але й в еволюції параметрів взаємозв'язку економічних показників. Пошук, виявлення циклів, ступінь дослідження належності точок до значень часових параметрів можуть бути виконані лише при застосуванні нових методів економічного аналізу. Дуже складно прогнозувати економічну поведінку, а також точно описувати її тенденції у майбутньому при наявності значних коливань зовнішніх і внутрішніх факторів.

Однією з головних властивостей всіх моделей є неперервність, ідея якої передбачає використання змінних параметрів, які можуть приймати будь-які значення. Дуже часто ці значення кардинально відрізняються одне від одного. І якщо вже неперервність існує, то вона є у всіх точках, де присутні коливання. Це означає, що модель процесу має і може бути аналітичною і неперервною, що дасть змогу забезпечити більш адекватне відображення структурних змін.

Саме тому сьогодні актуальним залишається питання пошуку закономірностей розвитку економічних об'єктів, зумовленого необхідністю прийняття рішень щодо управління процесом виробництва, і необхідність при-

скіпливого аналізу зв'язків, здатних описати локальну реакцію процесу виробництва на коливання факторних ознак.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивчення наукових праць В.С. Яковенка [1], Н.Я. Шкромиди [2], Ф.Б. Боташевої [3], В.С. Астраускаса, Є.В. Борисова [4], Б.В. Гайгаласа, Л.М. Чистова, М.Н. Потривайла [5], Ю.Ю. Лоли [6], В.М. Левіна, Р.Х. Ільясова [7], Н.Є. Смірнова дозволяє зробити висновок про існування різних методичних підходів щодо дослідження особливостей економічної динаміки, оцінки і контролю реалізації виробничої програми підприємства, виявлення існуючих переваг та недоліків виробничих процесів підприємства і відповідного коригування моделі виробничої програми із застосуванням економіко-математичних методів. Віддаючи належне працям цих авторів, слід відзначити, що в економічній літературі не набули певного відображення питання комплексного використання всіх видів виробничих ресурсів з урахуванням коливань факторних ознак.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, якій присвячено статтю. При дослідженні динаміки показників виробничої програми не приділяється достатня увага економічним циклам, їх часовим та метричним параметрам.

Для виявлення закономірностей розвитку економічного процесу під впливом численних і слабо формалізованих факторів широко застосовуються економетричні моделі, які являють собою складні зв'язки у вигляді регресійних рівнянь. Такий підхід передбачає, що невеликі коливання факторної ознаки призводять до незначних змін результативного показника. Однак регресія не може відобразити дійсну реакцію досліджуваного процесу на конкретні значення факторної ознаки в конкретний час. Вона відображає тільки усереднену реакцію досліджуваного процесу на сукупність комбінацій факторної ознаки на всьому періоді часу. А натомість на економічні процеси постійно впливають різноманітні фактори мінливого зовнішнього середовища, і реакція будь-якого процесу на зміну певного фактора вчора і сьогодні може кардинально відрізнятись.

Звідси виникає потреба у застосуванні неперервних економічних моделей, які б відповідали динаміці економічних процесів з постійно мінливими факторами.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є моделювання і практична реалізація експериментальної системи аналізу локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак на прикладі факторного аналізу виробничої програми. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання: визначити факторні ознаки, що впливають на результати виробничої програми; розкрити сутність методичного підходу до об'єктивного оцінювання критичних значень зовнішніх або внутрішніх параметрів виробничої системи; виконати практичну експериментальну реалізацію на основі методів економіко-математичного моделювання і комп'ютерних технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Модельними динамічними об'єктами, які можна уявити у вигляді економічних параметрів, було обрано техніко-економічні показники діяльності підприємства, на основі яких розраховується та аналізується виробнича програма. Після розрахунку показників

отримуються значення функцій, які хаотично розміщуються на графіку. З цього можна зробити висновок, що має місце завдання наближення або апроксимації. Ефективний та надійний спосіб його розв'язання – це інтерполяція сплайнами.

Принцип сплайн-інтерполяції полягає у розбитті процесу виробництва на ряд етапів з хаотичними даними. Для того, щоб уникнути похибок у процесі обчислень, весь відрізок $[a, b]$ поділяється на часткові відрізки, на кожному з яких функція $y(x)$ замінюється багаточленом невисокого ступеня, має назву кусково-поліноміальної інтерполяції. Перевага використання сплайнів, як одного із способів інтерполяції, полягає у надійності процесу обчислень. На відрізок $[a, b]$ задається безперервна функція $y(f)$, додаються вузли [3]:

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b, \quad (1)$$

і позначається

$$f_i = f(x_i), \quad (2)$$

де $i = \overline{1, n}$.

Сплайн виступає інтерполяційним кубічним, якщо функція $y(x)$ задовольняє такій умові: на кожному сегменті $[x_{i-1}, x_i]$, $i = \overline{1, n}$.

Кубічний сплайн знаходиться за формулою:

$$f(x) = a_i + b_i(x - x_i) + \frac{c_i}{2}(x - x_i)^2 + \frac{d_i}{6}(x - x_i)^3, \quad (3)$$

де $i = \overline{1, n}$, $x_{i-1} \leq x \leq x_i$. При цьому вся крива являє собою набір кубічних поліномів з певним чином підібраними коефіцієнтами: a_i, b_i, c_i, d_i ; i – параметр сплайну. Також відомо, що коефіцієнти на кожному інтервалі визначаються з умов сполучення у вузлах:

$$f_i = y_i, \quad (4)$$

$$f'(x_i - 0) = f'(x_i + 0), \quad (5)$$

$$f''(x_i - 0) = f''(x_i + 0), \quad (6)$$

де $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Кубічний поліном (3) розраховується через умову (4):

$$f(x) = a_i + b_i(x - x_{i-1}) + c_i(x - x_{i-1})^2 + d_i(x - x_{i-1})^3, \quad (7)$$

$$f(x_i) = a_i = y_i, \quad (8)$$

$$f(x_i) = a_i + b_i h_i + c_i h_i^2 + d_i h_i^3 = y_i, \quad (9)$$

$$h_i = x_i - x_{i-1}, \quad (10)$$

де $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Обчислення похідних:

$$f'(x) = b_i + 2c_i(x - x_{i-1}) + 3d_i(x - x_{i-1})^2, \quad (11)$$

$$f'(x) = 2c_i + 6d_i(x - x_{i-1}), \quad (12)$$

Неперервність при $x=x_i$:

$$b_{i+1} = b_i + 2c_i h_i + 3d_i h_i^2, \quad (13)$$

$$c_{i+1} = c_i + 3d_i h_i, \quad (14)$$

де $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Загальна кількість невідомих коефіцієнтів дорівнює кількості рівнянь. Ще два рівняння отримуємо з умови

$$c_i = 0; \quad c_i + 3d_i h_i = 0, \quad (15)$$

$$b_i = \left[\frac{y_i - y_{i-1}}{h} \right] - \frac{1}{3} h_i (c_{i+1} + 2c_i), \quad (16)$$

де $i = 1, 2, \dots, n-1$.

$$b_i = \left[\frac{y_i - y_{i-1}}{h} \right] - \frac{2}{3} h_i c_i, \quad (17)$$

Після певних перетворень отримуємо рівняння другого порядку:

$$h_i c_{i-1} + 2(h_i + h_{i+1})c_i + h_{i+1}c_{i+2} = \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}} - \frac{y_i - y_{i-1}}{h_i} \right), \quad (18)$$

де $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Система розв'язується методом прогону $A \times x = F$ (робиться припущення, що невідомі пов'язані рекуртним співвідношенням):

$$x_i = a_{i+1}x_{i+1} + \beta_{i+1}, \quad (19)$$

де $i = 1, 2, \dots, n-1$.

$$A_i a_i a_{i+1} + C_i a_{i+1} + B_i = 0, \quad (20)$$

$$A_i a_i \beta_{i+1} + A_i \beta_i + C_i B_{i+1} - F_i = 0. \quad (21)$$

Звідси отримуємо α і β . Розв'язання системи:

$$x_i = \frac{F_i - A_i \beta_i}{C_i + A_i a_i}. \quad (22)$$

Перевага використання сплайнової інтерполяції полягає у тому, що достатньо знати у вузлах лише значення точки, а не її похідні.

Системи лінійних рівнянь, які необхідно розв'язувати для побудови сплайнів, дуже добре обумовлені, що дозволяє отримати коефіцієнти поліномів з високою точністю.

Дослідження локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак доцільно розпочинати з аналізу виробництва та реалізації продукції (рис. 1). Темпи зростання цих показників впливають на величину витрат, прибуток та рентабельність підприємства.

Для проектування та програмування експериментальної системи аналізу локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак обрано об'єктно-орієнтовану технологію. Середовище розробки – Microsoft Visual C++ 2010 Express.

На діаграмі потоків даних (рис. 2) зображено взаємозв'язки елементів проектованої системи: об'єкти, над якими виконуються дії, структура для зберігання інформаційних потоків, а також процеси та функції.

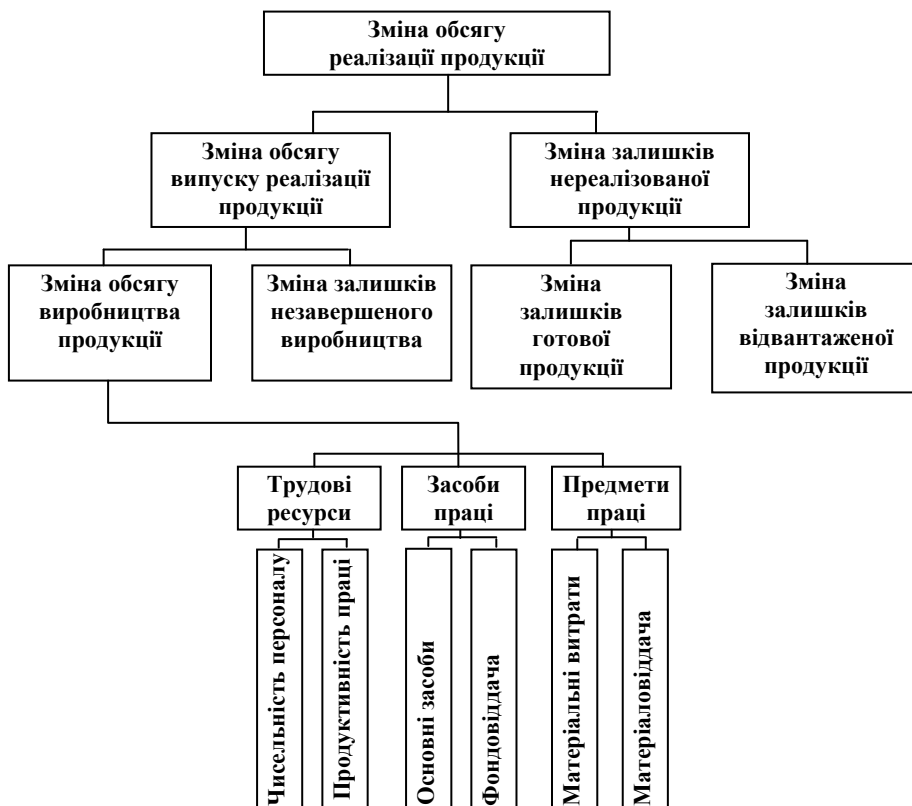


Рис. 1. Структурно-логічна факторна модель обсягу реалізації продукції

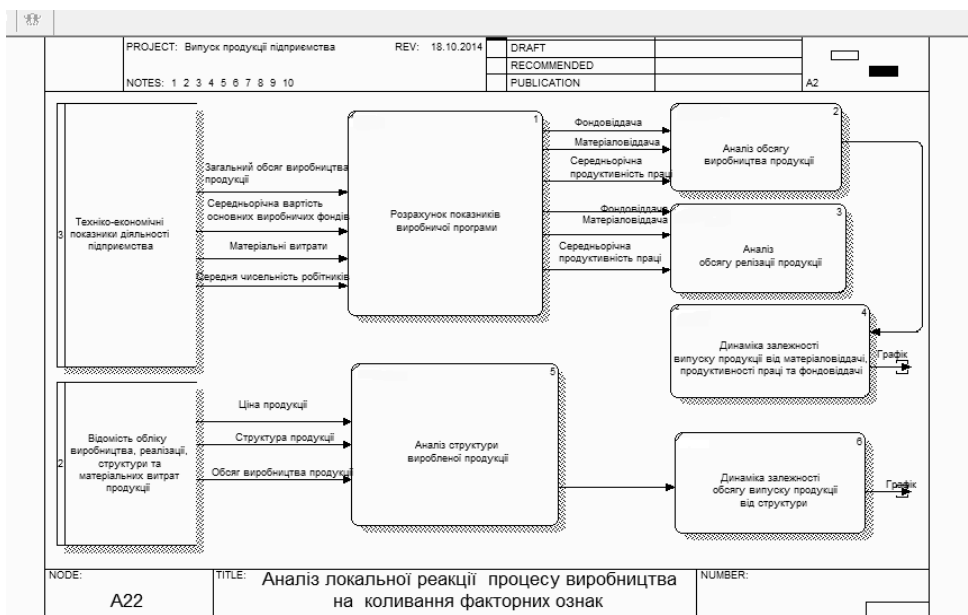


Рис. 2. Діаграма потоків даних системи «Аналіз»

Інтерфейс проектованої системи подано у вигляді діалогового вікна і реалізовано можливість переміщення/роботи по вкладках. Модуль «Аналіз структури произведенной продукции» (рис. 3), окрім аналізу структури виробленої продукції, надає можливість побудувати графік динаміки залежності обсягу випуску від структури продукції (кнопка «Побудуйте графік»).

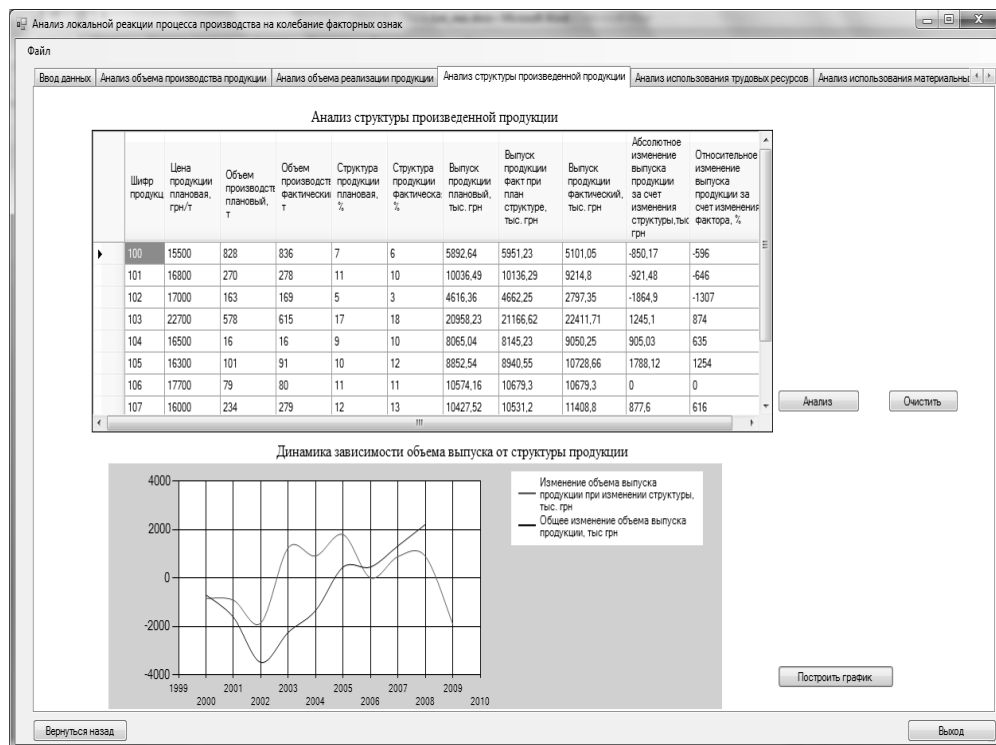


Рис. 3. Фрагмент аналізу локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак (структури продукції)

Отримана в результаті експерименту інформація дозволяє при необхідності побудувати графік залежності обсягу випуску продукції від продуктивності праці, матеріаломісткості та фондівдачі (рис. 4).

Висновки з проведеного дослідження і перспективи подальших розвідок. Моделювання системи аналізу локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак допомагає більш точно аналізувати поведінку показників виробничої програми в умовах нестабільної економічної діяльності. Перехід від часових рядів економічних показників до їх взаємозалежностей з побудовою параметричних графіків дозволяє використовувати аналітичні можливості математичного апарату.

Запропонована модель може використовуватися для аналізу та планування економічних показників у перспективі з урахуванням різноманітних впливів на об'єкти дослідження.

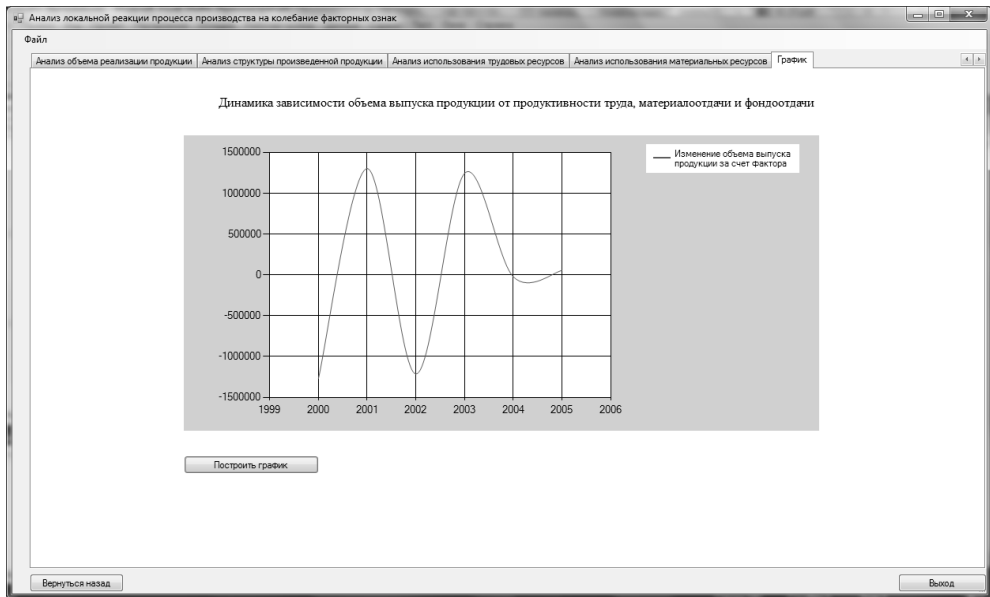


Рис. 4. Фрагмент аналізу локальної реакції процесу виробництва на коливання факторних ознак (продуктивності праці, матеріаломісткості та фондоемкості)

Застосування апарату сплайн-інтерполяції дає змогу більш надійно і точно моделювати, аналізувати, прогнозувати поведінку економічних показників в умовах стохастичності. Сплайнова модель доповнює регресійні економетричні взаємозв'язки і дає можливість працювати з багатозадачними економетричними функціями, де параметром виступає час.

Теоретична та практична значущість результатів дослідження полягає у тому, що сплайнова модель дозволяє визначити наявність чи відсутності циклічності у динаміці економічних показників виробничої програми. Обґрунтування результатів дослідження підтверджується застосуванням сучасних математичних методів: економічної цикломатики, методів наближення, теорії сплайнів та апроксимації.

Як інструментальний засіб аналізу створено систему, яка дозволяє розраховувати показники виробничої програми, а також аналітично та графічно генерувати сплайни.

Список використаних джерел

1. Яковенко В.С. Экономическая цикломатика: теория, методология, практика: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / В.С. Яковенко. – Ставрополь, 2008. – 55 с.
2. Боташева Ф.Б. Кусочно-полиномиальные модели анализа и прогнозирования экономических процессов: дис. ... канд. экон наук: 08.00.13 / Ф.Б. Боташева. – Кисловодск, 2002. – 140 с.
3. Шкромиди Н. Применение сплайн-функций в прогнозировании параметров экономического потенциала промышленных предприятий / Н. Шкромиди // Бизнес Информ. – 2012. – № 2. – С. 35–37.

4. Борисов Е.В. Организация рационального использования производственных ресурсов предприятия: автореф. дис. ... канд. экон. наук 05.02.22 / Е. В. Борисов. – Воронеж, 2005. – 19 с.

5. Потривайло М. Выбор методов поиска оптимальной модели разработки производственной программы предприятия] / М. Потривайло // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2010. – № 1. – С. 105–107.

6. Лола Ю.Ю. Управління матеріальними ресурсами на підприємстві (логістичний та реінжиніринговий підхід): автореф. дис. ... канд. экон. наук 08.00.04 / Ю.Ю. Лола. – Харків, 2009. – 20 с.

7. Ильясов Х.З. Экономическая цикломатика конъюнктуры газового рынка: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Х.З. Ильясов. – Ставрополь, 2010. – 28 с.

В статье раскрыта сущность методического подхода к объективной оценке критических значений внешних или внутренних параметров производственной программы. Цикличность и непостоянство временных классов экономической динамики обусловили необходимость в применении методов моделирования и анализа, опирающихся на аппроксимационные функции. В качестве математического аппарата предлагается использование сплайн-интерполяции, основными преимуществами которого являются устойчивость и небольшая трудоемкость. Созданная система анализа локальной реакции процесса производства на колебания факторных признаков реализована в среде Microsoft Visual C ++ 2010.

Ключевые слова: *экономико-математическое моделирование, локальная реакция, аппроксимация, сплайн, колебания.*

The article reveals the essence of the methodological approach to an objective assessment of the critical values of the external or internal parameters of the production program. Looping and impermanence temporary classes of economic dynamics necessitated the application of methods of modelling and analysis, based on the approximation function. The mathematical formalism is proposed the use of spline interpolation, the main advantages are stability and a small labour input. The established system of analysis of the local response to fluctuations in the manufacturing process of factor variables implemented in Microsoft Visual C ++ 2010.

Key words: *economic modelling, local reaction approximation, spline, vibrations.*

Одержано 2.10.2014.