

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 681.5

**І.І. Бурденюк, Н.І. Черняк**

*Вінницький національний аграрний університет*

### МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ АПК РЕГІОНУ

**Обґрунтована актуальність використання математичних моделей в управлінні виробничим потенціалом агропромислового комплексу регіону. Приведена послідовність прогнозування виробничого потенціалу АПК районів регіону з використанням табличного процесора Microsoft Excel, у склад якого включені макроси, написані мовою програмування Visual Basic for Application.**

*Ключові слова:* виробничий потенціал, математичні моделі, кластерний аналіз, сплайн-прогнозування.

**Обоснована актуальность использования математических моделей в управлении производственным потенциалом агропромышленного комплекса региона. Приведена последовательность прогнозирования производственного потенциала АПК районов региона с использованием табличного процессора Microsoft Excel, в состав которого включенные макросы, написанные на языке программирования Visual Basic for Application.**

*Ключевые слова:* производственный потенциал, математические модели, кластерный анализ, сплайн-прогнозування.

**The urgency of mathematical models in the management of production potential of agriculture in the region are based. Sequence of prediction of agricultural production potential areas in the region with the spreadsheet Microsoft Excel, which includes macroses written or Visual Basic for Application is a provided.**

*Key words:* production capacity, mathematical models, cluster analysis, spline prognostication.

Формування економіки України в умовах ринкових відносин потребує використання якісно нових підходів в управлінні агропромисловим комплексом регіону (АПК). При цьому одним із важливих завдань в економіці аграрного виробництва регіону стає інтенсивне і комплексне використання наявних можливостей у рамках стратегічного управління, розв'язання якого прямо пов'язане з удосконаленням механізму управління виробничим потенціалом (ВП). Тому дослідження проблем використання виробничого потенціалу АПК регіону і методів управління ним стає особливо актуальним. Аналіз використання і прогнозування виробничого потенціалу агропромислового комплексу регіону на перспективу відносять до числа актуальних, ще недостатньо вивчених проблем управління аграрним сектором економіки.

Вагомий внесок у вивчення проблем визначення, оцінювання і вдосконалення механізму виробничого потенціалу здійснили такі вчені-економісти, як О.В. Ареф'єва, П.С. Березівський, О. Божко, В.В. Вітвіцький, В.В. Галанець, С.Л. Дусановський, А.В. Корюгін, О.М. Луцків, М.Д. Янків та інші. В їх працях визначено поняття «виробничий потенціал» та його структуру, сформульовано підходи до дослідження, наведено методи оцінки окремих компонентів і інтегральної оцінки виробничого потенціалу. Однак потребують подальшого дослідження проблеми формування математичних моделей і методів в управлінні розвитком виробничого потенціалу агропромислового комплексу регіону з використанням сучасних інформаційних технологій.

Дослідження виробничого потенціалу АПК регіону є необхідним для об'єктивного виявлення і вимірювання резервів підвищення ефективності виробництва при наявності господарських формувань різних форм власності та організаційних структур, а також для обґрунтованого регулювання економічних відносин в АПК, цілеспрямованого формування потенціалу й об'єктивного оцінювання діяльності агропромислового комплексу регіону в цілому та окремих його складових елементів. **Метою статті** є дослідження моделей та методів автоматизованого управління розвитком виробничого потенціалу АПК регіону.

Агропромисловий комплекс належить до надто ресурсномістких галузей, де використовується велика кількість трудових, матеріально-технічних, природних ресурсів. Виникає потреба в системному обґрунтуванні шляхів подальшого вдосконалення управління виробничим потенціалом агропромислового комплексу як складною відкритою інформаційно-технологічною системою в умовах інноваційних змін [4].

Аналіз особливостей функціонування агропромислового комплексу регіону показав необхідність проведення групування районів регіону за рівнем розвитку виробничого потенціалу. Для цього доцільно використати методи багатовимірного статистичного аналізу. Для одержання відносно строгого поділу об'єктів дослідження можна провести класифікацію об'єктів залежно від поставлених умов з розбиттям їх на групи. Для цього представляється цілком конструктивним використання методів кластерного аналізу, що сприятиме одержанню цілісної картини про стан та розвиток виробничого потенціалу АПК регіону.

Задача кластерного аналізу полягає в тому, щоб на підставі даних множини  $X$  розбити множину об'єктів  $G$  на  $m$  ( $m$  – ціле) кластерів (підмножин)  $G_1, G_2, \dots, G_m$  так, щоб кожний об'єкт  $G_i$  належав одній і тільки одній підмножині розбиття і щоб об'єкти, що належать одному кластеру, були подібними, у той час як об'єкти, що належать різним кластерам, були різнорідними.

Розв'язком задачі кластерного аналізу є розбивки, що задовольняють деякому критерію оптимальності. Цей критерій може представляти собою деякий функціонал, що виражає рівні бажаності різних розбивок і груп, який називають цільовою функцією [1].

Для групування районів АПК регіону доцільно використати ієрархічний кластерний аналіз, що дозволяє класифікувати багатовимірні спостереження. Необхідність використання кластерного аналізу пов'язана в даному випадку і з тим, що показники ефективності виробничого потенціалу АПК регіону формуються на базі відповідних показників районів даного регіону. Виникає необхідність формування груп АПК районів із однаковими рівнями ефективності використання виробничого потенціалу АПК з ряду таких причин:

- а) відсутність повних статистичних даних з усіх змінних;
- б) різке ускладнення обчислювальних процедур при введенні в модель великого числа змінних;
- в) оптимальне використання методів регресійного аналізу вимагає перевищення числа спостережуваних значень над числом змінних не менше, ніж у 6-8 разів;
- г) прагнення до використання в моделі статистично незалежних змінних та ін.

Для виконання практичних розрахунків було використано табличний процесор Microsoft Excel, що входить до складу Microsoft Office. Завдяки широкому набору функцій табличного процесору та наявності вбудованої мови програмування Visual Basic for Application цей програмний інструментарій дозволяє дуже швидко розробляти прості та ефективні засоби автоматизації економічних розрахунків довільного рівня складності, а також швидко адаптувати їх до змін зовнішніх вимог чи наборів вихідних даних [3].

Розрахунки проводились в окремому документі Excel, до складу якого був включений написаний мовою програмування Visual Basic for Application макрос. Вхідні дані для розрахунку розташовуються на першому листі документу Excel.

Послідовність обчислень:

1. На листі 2 будується матриця нормованих значень показників з елементами

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, \quad (1)$$

де  $j = 1, 2, 3, 4$  – номер показника,

$i = 1, 2, \dots, n$  – номер спостереження;

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}; \quad (2)$$

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} = \sqrt{(x_{ij}^2) - (\bar{x}_j)^2}. \quad (3)$$

2. Будується масив Евклідових відстаней між кожними двома спостереженнями. Масив впорядковується за зростанням. За якості відстань між двома спостереженнями  $z_i$  і  $z_v$  використана "зважена" евклідова відстань, яка визначається за формулою:

$$\rho_{BE}(z_i, z_v) = \sqrt{\frac{4}{l} \sum_l w_l (z_{il} - z_{vl})^2}, \quad (4)$$

де  $w_l$  – "вага" показника;  $0 < w_l \leq 1$ .

3. Використовуючи масив відстаней реалізується агломеративна ієрархічна процедура кластерного аналізу. Принцип роботи ієрархічної агломеративної процедури полягає в послідовному об'єднанні груп елементів, спочатку найближчих, а потім все більш віддалених один від одного. Відстані між групами визначаються за принципом "найближчого сусіда" – тобто за відстань між кластерами приймаємо відстань між найближчими елементами цих кластерів.

4. На листі 3 будується гістограма відстаней між поєднуваними на усіх кроках агломерації кластерами. Зазвичай оптимальна кількість кроків агломерації показана на гістограмі у вигляді стрибкоподібної зміни відстані між поєднуваними кластерами. Стрибокподібне збільшення відстані поєднання на деякому кроці алгоритму свідчить про утворення на попередньому кроці природних для даного набору вихідних даних груп – кластерів із близьких спостережень.

5. На листі 4 виводиться результат – склад кластерів.

За ознаки групування використані показники, які відображають ефективність виробничого потенціалу районних АПК та результативний показник діяльності АПК району – прибуток від реалізації продукції сільського господарства в розрахунку на 100 га сільськогосподарських угідь.

Як правило, критерієм об'єднання стає зміна відповідної функції, яка використовується для поділу об'єктів на кластери. У даному випадку це квадрат евклідової відстані, визначений з використанням стандартизованих значень (4). Процесу групування повинно відповідати послідовне мінімальне зростання значення критерію. Наявність різкого стрибка можна інтерпретувати як характеристику числа кластерів, що об'єктивно існують у досліджуваній сукупності. Тобто на кроці, де

значення коефіцієнта збільшується стрибкоподібно, процес об'єднання в нові кластери необхідно зупинити, тому що в іншому випадку були б об'єднані кластери, що перебувають на відносно великій відстані один від одного.

Беручи до уваги зростання ролі виробничого потенціалу агропромислового комплексу в створенні економічного потенціалу регіону, актуальним стає завдання створення моделей, які адекватно відображають процеси розвитку виробничого потенціалу АПК регіону. Моделі повинні бути: цілеспрямованими; повними з погляду можливостей вирішення головних завдань; надійними та достовірними; адаптивними; простими і зрозумілими користувачеві; зручними в управлінні та використанні. Перспективною є розробка економетричних моделей, тому що коефіцієнти регресії при факторах-аргументах за своєю суттю є коефіцієнтами ефективності, які зв'язують фактори з досліджуваним результативним показником [5]. Економетричні моделі полегшують обробку великих масивів інформації й оцінювання різних сценаріїв і альтернативних варіантів розвитку. Використання економетричних моделей дозволяє одержати внутрішньо-погоджені прогнози.

Математичну платформу економетричних моделей складають методи кореляційного і регресійного аналізів. Кореляційний аналіз забезпечує: вимірювання ступеня зв'язку двох чи більше змінних; відбирання чинників, що найбільш суттєво впливають на залежну змінну; віднаходження раніше невідомих причинних зв'язків (кореляція безпосередньо не розкриває причинних зв'язків між явищами, але визначає числове значення цих зв'язків та ймовірність суджень щодо їх існування). Основними засобами аналізу є парні, частинні і множинні коефіцієнти кореляції.

Регресійний аналіз дозволяє розв'язувати такі завдання:

- встановлення форм залежності між однією ендогенною та однією або кількома екзогенними змінними (додатна, від'ємна, лінійна, нелінійна). Ендогенна змінна звичайно позначається  $Y$ , а екзогенна (екзогенні), яка ще інакше називається регресором, –  $X$ ;

- визначення функції регресії. Важливо не тільки вказати загальну тенденцію зміни залежної змінної, а й з'ясувати, який був би вплив на залежну змінну головних чинників, якщо б решта (другорядних, побічних) чинників не змінювалася (перебували на середньому рівні) і були вилучені випадкові елементи;

- оцінювання невідомих значень залежної змінної.

На основі проведених досліджень розроблено методичний підхід до прогнозування прибутку агропромислового комплексу регіону, який забезпечує заданий рівень надійності, із врахуванням прогнозованих показників виробничого потенціалу АПК.

Для формування інформаційної бази системи показників, що характеризують ефективність використання складових елементів виробничого потенціалу АПК регіону (земельних ресурсів, основних засобів, матеріальних і трудових ресурсів), використані дані, що містяться в офіційних виданнях Державного комітету статистики України.

Визначення прибутку сформованих кластерів здійснювалося за технологією багатофакторного регресійного аналізу із застосуванням на стадії моделювання та реалізації, відповідно, методу найменших квадратів та табличного процесора Microsoft Excel.

Для розрахунків параметрів і характеристик рівнянь регресії рекомендується використати табличний процесор MS Excel 2007 в режимі "Регресія" надбудови "Пакет аналізу" MS Excel. Режим роботи "Регресія" служить для розрахунку параметрів рівняння лінійної регресії і перевірки його адекватності досліджуваному процесу [3].

Аналіз отриманих залежностей вказує на значний позитивний вплив на прибуток від реалізації продукції збільшення коефіцієнта оборотності оборотного капіталу за рахунок інтенсифікації виробництва (впровадження новітніх технологій виробництва, оновлення продукції відповідно до ринкових умов, впровадження сучасних інформаційних технологій управління тощо), залучення інвестицій (здійснення технологічної підготовки виробництва з метою своєчасного оновлення продукції та збільшення обсягів її випуску з урахуванням умов ринку тощо);

Специфіка агропромислового комплексу диктує необхідність побудови моделей, де результативна ознака залежить від великої кількості факторних ознак. Однак труднощі в отриманні інформації, з одного боку, і високий динамізм зовнішнього середовища, з іншого боку, змушують застосовувати короткі часові ряди для побудови економетричних моделей. Це обмежує кількість керованих ознак у регресійних залежностях, тому що в іншому випадку моделі будуть неадекватними.

Для прогнозування показників ефективності виробничого потенціалу, як правило, застосовують технологію трендових моделей, сутність яких полягає у тому, що тенденція розвитку виробничого потенціалу, виражена у динамічному ряді певного показника, відображається математичною функцією від часу:

$$y = f(t) + \varepsilon,$$

де  $f(t)$  – тренд,  
 $\varepsilon$  – відхилення.

В основі побудови трендових моделей лежить метод аналітичного вирівнювання, що є фактично різновидом згладжування.

В умовах значних структурних змін кращі результати показують методи моделювання структурних змін – частково-лінійного моделювання, внесення в модель сплайн-функцій. Дані методи дозволяють найбільш адекватно моделювати неоднорідність часових рядів, тобто такі соціально-економічні процеси, тенденції розвитку яких різко змінюються в розглянутому періоді. Сплайн-функції, що є узагальненням як методу штучних змінних, так і регресії з перемиканнями, найбільш придатні для моделювання таких процесів [6].

Відмінна риса сплайн-функцій або просто сплайнів – вони складаються з відрізків степеневого полінома малого порядку, які збігаються та оптимально "зшиваються" у заданих точках (вузлах "решітчатой" функції або вузлах "сітки") економічного процесу.

Із всіх розглянутих сплайн-функцій для прогнозування доцільно використати кубічні сплайн-функції або сплайни третього порядку. У таких сплайнів  $\Delta(X; Y) \approx f(X)$  існує особливість, що при пошуку класів потрібних поліномів називається "внутрішньою оптимальністю", яка виражається теоремою Холлідея [7].

В теоремі стверджується, що кубічна сплайн-побудова мінімізує інтеграл:

$$\int_{X_1}^{X_N} |f'(X)|^2 dX \rightarrow \min,$$

це називається властивістю найкращого наближення, мінімальної кривизни або норми. Саме кубічний сплайн найкраще зберігає статистичну "історію" процесу при перенесенні (екстраполяції) її в горизонт прогнозу. Кубічні сплайни безперервні самі й безперервні їхні перші похідні. Другі похідні безперервні й частково-лінійні. Треті похідні розривні з кінцевим стрибком.

Сплайн-прогнозування базується на такій ідеї:

– "попередня" ділянка сплайна закінчується в останній вузловій точці процесу  $\langle X_N, Y_N \rangle$ , остання вузлова точка являє собою значення показника ефективності  $Y_N$  у момент часу  $X_N$  ("сьогодні") на правій границі звітного періоду;

– "наступна" (вправо) ділянка сплайна опирається на значення  $Y_N$ , останній "момент" обчислюється по статистичному розподілу "моментів" всередині звітнього періоду, сплайн із цим "моментом" на останньому відрізку й стає екстраполюючим, він продовжується від  $X_N$  до  $X_Z$ ;

– "попередній" і "наступний" відрізки "зшиваються" у точці  $\langle X_N, Y_N \rangle$  значеннями моделюючої процес сплайн-функції ліворуч і праворуч і всіма її похідними до  $(n - 1)$ -ої включно [2].

При загальному універсалізмі сплайнових моделей значно вирає моделювання ними структурних стрибків, періодичних процесів, характерних для динаміки ринкової економіки.

Принципова відмінність сплайн-підходів від класичних економетричних полягає в тому, що регресійні економетричні побудови втрачають значення параметра (часу), при якому вони отримані, у той час як сплайн-побудови зберігають часовий показник кожного дискретного відліку. Це істотно позначається на точності моделювання, аналізі і наступному переходу до побудови прогнозу.

Аналіз особливостей функціонування агропромислового комплексу регіону показав необхідність проведення групування районів регіону за рівнем розвитку виробничого потенціалу. Для цього цілком конструктивним є використання методів кластерного аналізу, оскільки ступінь реалізації цього потенціалу неоднорідна в розрізі районів регіону з їх територіальними, економічними і соціальними розходженнями.

Для прогнозування показників ефективності виробничого потенціалу доцільно використовувати методи частково-лінійного моделювання, зокрема кубічні сплайн-функції. Дані методи дозволяють найбільше адекватно моделювати неоднорідність часових рядів, тобто такі соціально-економічні процеси, тенденції розвитку яких різко змінюються в розглянутому періоді.

#### Бібліографічні посилання і примітки

1. Гитис Л.Х. Кластерный анализ в задачах классификации, оптимизации и прогнозирования / Л.Х. Гитис. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2001. – 104 с.
2. Дли М.И. Локально-аппроксимационные модели социально-экономических систем и процессов / М.И. Дли, В.В. Круглов, М.В. Осокин. – М.: Наука, 2000. – 224 с.
3. Кузьмичов А.И. Математичне програмування в EXCEL / А.И. Кузьмичов, М.Г. Медведєв. – К.: ЕУ, 2005. – 311 с.
4. Луцків О.М. Використання виробничого потенціалу в умовах конкурентного середовища / О.М. Луцків // Проблемы развития внешнеэкономических связей и привлечение иностранных инвестиций: региональный аспект: сб. науч. трудов. ДонНУ, Ч. 1. – 2003. – С. 315–317.
5. Моделі і методи прийняття рішень в аналізі і аудиті: навч. посіб. для студентів спец. 7.050106 "Облік і аудит" / за ред. д.е.н., проф. Ф.Ф. Бутинця, к.е.н. М.М. Шигун. — Житомир: ЖДТУ, 2004. — 352 с.
6. Kounchev O. Multivariate Polysplines: Applications Wavelet Analysis / O. Kounchev. — San Diego: Academic Press, 2001.
7. Kvasov B.J. On interpolating thin plate tension splines / Fitting: Saint-Malo 2002. A.Cohen, J.-L. Merrien, L. I. Brentwood: Nashboro Press, 2003. – P. 239–248.

*Надійшла до редколегії 17.05.2011*