

Таблиця 4 - Проект рішення задачі 3.

	A	B	C	D
1	1	1	$a + \frac{1}{n!}$ ▼	
2	2	$f_n = f_{n-1} \cdot n$ ▼		
...	...	...	▼	
6	n(n=6)	$n!$ ▼	$P_n$	
7	a			

**Підготовка даних.** Автозаповненням (з використанням засобів створення арифметичної прогресії) заповнюємо діапазон A1:A6 числами  $n=1, \dots, 6$  відповідно.

**1. Побудова формули обчислення:**

$n!$  обчислюємо за допомогою рекурсії:

- $1!=1 \rightarrow B1$  ( в комірку B1 запишемо 1);
- В комірку B2 запишемо рекурсивне співвідношення (1), яке у середовищі Microsoft Excel може бути реалізовано наступним чином:  $=B1*A2$  (попереднє значення факторіала,  $f_{n-1}$ , множимо на поточне значення  $n$ ,  $n=2$  ). Для інших значень  $n$  ( $n=3, \dots, 6$ ) “копіюємо” формулу.
- В комірках діапазону C1:C6 обчислимо відповідні елементи добутку  $a + \frac{1}{n!}$  за формулою  $=A\$7+1/B1$ . (Число  $a$  потрібно вказувати в абсолютній формі адресації) . Для обчислення добутку використовується функція *ПРОИЗВЕД*.

**Висновки.** Отримано новий підхід алгоритмізації рішення задач у середовищі MS Excel. Розглянуті способи реалізації базових алгоритмічних структур.

**Список використаної літератури**

1. Тадевосян Р. Г. Microsoft Excel, ОАО «Инфракон», Вінниця, 2003 , 44 с.
2. Тадевосян Р. Г., Бисикало О. В., Ильницький Н. Пе, Мусиенко Е. Л. Об одной модели взаимодействия «Пользователь - ПК» Нові технології навчання. Спец. Випуск № 48. Збірник наукових праць частина 2 Київ-Вінниця. 2008.
3. Тадевосян Р. Г., Яцковська Р. О. Інформатика. Алгоритмічний підхід. Монографія. Вінниця ВНАУ 2010.

УДК 681.5

**ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБНИЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ АПК  
РЕГІОНУ НА ОСНОВІ СПЛАЙН-ФУНКЦІЙ**

*Н.І. Черняк, к.т.н., доц.,  
Вінницький національний аграрний університет*

*The article discusses application of cubic splines in the prediction of economic performance indicators of a regional agriculture sector.*

*Статья посвящена вопросам использования кубических сплайнов для прогнозирования экономических показателей агропромышленного комплекса региона.*

**Вступ.** Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень при розробці стратегії розвитку агропромислового комплексу (АПК) регіону необхідно проводити моніторинг, аналіз та прогнозування основних показників ефективності виробничого потенціалу.

Проблемі прогнозування показників економічних систем присвячені роботи багатьох зарубіжних та вітчизняних учених: Фр. Дібольда, Б.Н. Кузика, В.П. Боровикова, В.М. Геєця, О.Г. Івахненка, К. Карлберга, Г.С. Кільдишева, В.Є. Момота та ін. Методи прогнозування постійно вдосконалюються і модифікуються, створюються нові програмні продукти для імітації результатів від прийняття тих чи інших економічних рішень. Однак, недостатньо розробленими в економічній літературі залишаються питання однозначності прогнозу моделі.

**Постановка проблеми.** 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, змушують застосовувати короткі часові ряди для побудови економетричних моделей. Це обмежує кількість факторних ознак у регресійних залежностях, тому що в іншому випадку моделі будуть неадекватними.

Для прогнозування показників ефективності виробничого потенціалу АПК як правило застосовують технологію трендових моделей, сутність якої 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.

Така процедура містить три етапи:

– побудова моделі, що передбачає визначення типу динаміки показника та апроксимуючої математичної функції. Процес підбору математичної функції, що найкращим чином відображає тенденцію і дозволяє визначити тренд, називається апроксимацією (від лат. *aproximo* – наближаюсь). Для цього спочатку обраховуються щорічні абсолютні прирости (скорочення) досліджуваного показника:  $\Delta = y(t) - y(t-1)$ . Аналіз тенденцій їх зміни дозволяє визначити один з чотирьох типів динаміки (лінійний, експоненційний, асимптотичний, змішаний);

– оцінювання моделі, що передбачає аналіз „залишків” динамічного ряду та інверсну верифікацію моделі. Залишкова компонента динамічного ряду ( $\varepsilon t$ ) визначається як різниця між фактичними та розрахунковими даними і повинна характеризуватися постійністю дисперсії, підпорядкуванням закону нормального розподілу тощо;

– розробка прогнозу. Прогнозні значення показника визначаються шляхом підстановки до математичної моделі порядкового номера року з прогнозного горизонту. Отримане таким чином значення показника ( $\hat{Y}_t$ ) є трендовим (т.зв. точковий прогноз). Зрозуміло, що економічні прогнози не можуть мати точних параметрів, тому на основі трендового обраховується діапазон можливих значень показника з певним рівнем ймовірності – довірчий інтервал прогнозу (так званий інтервальний прогноз):

$$\hat{Y} = \hat{Y} \pm t_{\alpha} * S_y,$$

де  $S_y$  – середньоквадратична помилка,  
 $t_{\alpha}$  – табличне значення критерію Стьюдента [1, 5].

Складна економічна ситуація регіонального АПК в умовах кризи і нестационарного українського законодавства змушує звертатися до нових сучасних інтелектуальних, більш точних, але й більш складних математично і інструментально, методів проведення досліджень.

Для верифікації формального (трендового, детермінованого) моделювання, аналізу й прогнозування важливий часовий період досліджуваного економічного процесу. При одних наборах екзогенних умов процес може показати експонентний ріст, при зміні динамік

економічного показника може стати лінійно-падаючою і т.д. Щоб зібрати надійну статистику поведження економічних показників і побудувати прогноз на майбутнє, потрібно мати досить довгий звітний період. На довгому періоді збільшується ймовірність змін зовнішніх умов, часовий інтервал неминуче доводиться ділити на окремі «шматки», між якими тип економічного поведження може кардинально мінятися. Тому особливу актуальність у моделюванні, аналізі і прогнозуванні здобуває вибір уніфікованої системи кусочно-апроксимаційних моделей і методів. Ця універсальна система функцій повинна добре інтерполювати й екстраполювати всі види типових економічних процесів, автоматично «приспосовуючись» своїми фрагментами до їх сезонності, циклічності, структурним скачкам, хаотичності, експоненціальності.

**Результати. Сплайн-функції.** В умовах значних структурних змін кращі результати показують методи моделювання структурних змін – кусочно-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 перемикаваннями, найбільш придатні для моделювання таких процесів [2, 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 "решітчастої" функції або вузлах "сітки") економічного процесу.

Із всіх розглянутих сплайн-функцій для прогнозування обрані кубічні сплайн-функції або сплайни третього порядку. У таких сплайнів  $S\Delta(X; Y) \approx f(X)$  існує особливість, що при пошуку класів потрібних поліномів називається "внутрішньою оптимальністю", яка виражається теоремою Холлідея [3].

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 кусочно-лінійні. Треті похідні розривні з кінцевим стрибком [4].

**Алгоритм сплайн-прогнозування.** 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 звітного 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 [7].

Таким чином, «вхід» в горизонт прогнозу здійснюється принципово точно за рахунок одночасної множинної екстраполяції моделі і її похідних. Алгоритми сплайн-прогнозування тепер можуть використовувати екстраполяцію не тільки самої функції, але і її «нахилів» (перших похідних у вузлових точках) і «моментів» (других похідних там же).

На рис. 1, 2 наведено порядок та результати розрахунку сплайн-прогнозування.

Чтобы получить значение  $y_{spl}$  в точке  $x_{spl}$  нужно вызвать функцию `cubic_spline Extr` и передать ей:  
1. диапазон ячеек, содержащих значения  $x$  для известных пар  $x, y$   
2. диапазон ячеек, содержащих значения  $y$  для известных пар  $x, y$   
3. значение  $x_{spl}$  -  $x$ , для которого ищем  $y$   
4. флаг конечных условий (параболические концы - 2, линейные концы - 1)  
чтобы выбрать оптимальные конечные условия для конкретного прогнозируемого ряда значений  
желательно построить график для многих  $x_{spl}$  (как на первом листе) с обоими вариантами и посмотреть больше похоже на правду

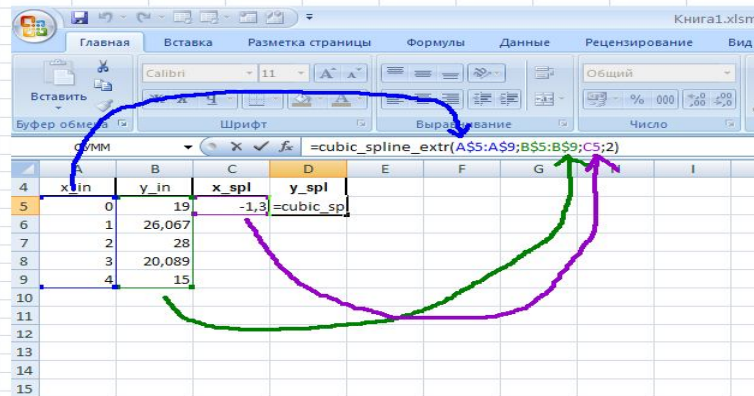


Рис. 1. Порядок розрахунку сплайн-прогнозування за допомогою макроса

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

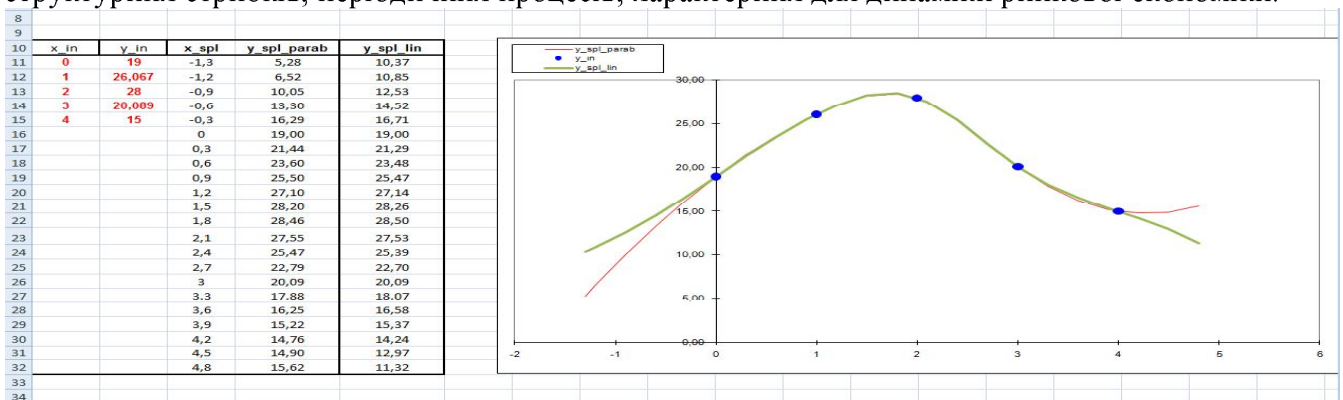


Рис. 2. Результати сплайн-прогнозування

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.

**Висновки.** Для прогнозування показників ефективності виробничого потенціалу доцільно використовувати методи кусочно-лінійного моделювання, зокрема кубічні сплайн-функції. Дані методи дозволяють найбільше адекватно моделювати неоднорідність часових рядів. Сплайн-функції, що є узагальненням як методу штучних змінних, так і регресії з перемикальниками, найбільш придатні для моделювання таких процесів. Застосування сплайнів замість звичайних функцій тренда ефективно, коли всередині аналізованого періоду змінюється характер розвитку. При цьому сплайн допомагає виділити підперіоди, всередині яких в динаміці показників не відбувається сильних змін.

**Список використаної літератури**

1. Айвазян С. А. Прикладная статистика в задачах и упражнениях / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. — М. : Изд. ЮНИТИ-ДАНА, 2001 — 271 с.
2. Бардачов Ю. М. Дискретна математика / Бардачов Ю. М., Соколова Н. А., Ходаков В.Є. — Херсон, 2004. — 287 с.
3. Дли М. И. Локально-аппроксимационные модели социально-экономических систем и процессов / Дли М. И., Круглов В. В., Осокин М. В. — М. : Наука, 2000.— 224 с.
4. Лукашин Ю. Г. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования / Ю. Г. Лукашин— М. : Финансы и статистика, 2003. — 416 с.
5. Мезенцев К. В. Регіональне прогнозування соціально-економічного розвитку / К. В. Мезенцев. — К. : ВПЦ „Київський університет”, 2004. — 82 с.
6. Моделирование производственных и социально-экономических систем с использованием аппарата комбинаторной математики / Г. В. Росс. — М. : Мир, 2001.