ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КЕРУВАННЯ

УДК 62-50

І.В. Афанасьєва, П.І. Бідюк,
А.Н. Поворознюк

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І РЕАЛІЗАЦІЇ СППР ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Вступ

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) набули широкого застосування в економіках передових країн світу, причому кількість їх впроваджень постійно зростає. На рівні стратегічного керування СППР використовують, зокрема, для довго-, середньо- і короткострокового прогнозування, а також для фінансового планування, включаючи систему для розподілу капіталовкладень [1–3]. СППР, орієнтовані на оперативне керування, застосовуються в галузях маркетингу (прогнозуванні та аналізу збуту, дослідженні доступних сегментів ринку і цін), науково-дослідних та конструкторських робіт, керуванні кадрами. Оперативно-інформаційні застосування пов'язані з виробництвом, придбанням та обліком товарно-матеріальних запасів, їх фізичним розподілом та бухгалтерським обліком.

СППР узагальненого типу можуть поєднувати дві чи більше з перелічених функцій. У США в 1984 р. було проаналізовано функціонування СППР сто тридцять одного типу і завдяки цьому виявлено пріоритетні галузі використання таких систем, до яких належать: виробничий сектор, гірничорудна справа, будівництво, транспорт, фінанси, урядова та військова діяльність [4, 5].

Комп'ютерна підтримка різних функцій за допомогою СППР має такий розподіл: оперативне керування – 30%; довгострокове планування – 40%; розподіл ресурсів – 15%; розрахунки річного бюджету – 12%.

Перелік найвідоміших "комерційних" СППР містить сотні назв. Найбільш типові СППР стосуються проблем мікро- та макроекономіки: "Симплан", "Прожектор", "Джі-план" – призначені відповідно для корпоративного, фінансового, загального планування; "Експрес" використовується для маркетингу і фінансів; PMS, CIS, PIMS, BIS – системи керування операціями з цінними паперами, планування виробництва, маркетингу, керування бюджетом; IFPS, FOCUS, ISDS, MAUD – системи інтерактивного фінансового планування, фінансового моделювання, формування "портфеля замовлень", індивідуального вибору та ін. [6, 7].

Основною проблемою при проектуванні СППР є аналіз і з'ясування процесу ухвалення рішення особою, що приймає рішення (ОПР), визначення обмежень, що накладаються на процес ухвалення рішення, а також вибір методів і обчислювальних процедур, які дадуть можливість зняти подібні обмеження. У загальному випадку проектування СППР складається з трьох етапів [6, 8]:

1) декомпозиції процесу ухвалення рішення на елементарні операції й опис виконання цього процесу ОПР;

2) аналізу конкретної задачі щодо ухвалення рішення і проектування СППР на функціональному рівні;

3) докладної специфікації функцій системи, її реалізації і верифікації (тестування).

Постановка задачі

Необхідно створити комп'ютерну систему підтримки прийняття рішень при прогнозуванні фінансово-економічних процесів, яка забезпечить отримання високоякісних прогнозів альтернативними методами та вибір кращого прогнозу за допомогою множини статистичних критеріїв. Як приклад процесу береться утворення цін на нафтопродукти.

Докладний аналіз ринку нафтопродуктів вимагає розгляду процесу перетворення нафти в роздрібні нафтопродукти на ринку України.

Слід зауважити, що свого (українського) видобутку нафти не вистачає для потреб ринку (тобто з неї при існуючих в Україні технологіях неможливо виробити необхідний об'єм нафтопродуктів). Імпортна нафта в Україні – російська: всі нафтопроводи йдуть до нас із Росії. Усього в 2005–2007 рр. на нафтопереробні заводи було поставлено 36966,9 тис. т, з них імпортної – 18233,8 тис. т. Отже, переробляється близько 50% української та 50% імпортної нафти. Вироблено бензинів 9025,8 тис. т, експортовано 2137,7 тис. т, імпортовано 1819,7 тис. т, тобто 20% ринку бензинів – імпортні товари. Палива Л-0,2-62 вироблено 10799 тис. т, експортовано 3025,5 тис. т, імпортовано 2397,4 тис. т, тобто 24% ринку дизельного палива – імпортні товари.

Внаслідок того, що на ринку багато імпортних товарів, можна зробити висновок, що ціна всередині країни більша за ціну за кордоном. Отже, маємо конкурентоспроможні імпортні товари, які знижують ціну менш якісної вітчиз-

няної продукції. Сказане вище дає можливість сформулювати такі запитання і твердження.

1. Як можна прогнозувати ціни на нафтопродукти?

2. Чи можна прогнозувати об'єми споживання, імпорту, експорту нафтопродуктів?

3. Щоб відповісти на запитання п. 2, потрібно виконати аналіз балансу нафтопродуктів.

4. Нафтопродукти всередині країни виробляються з нафти Urals (російської) та вітчизняної. Можна використати світову ціну на нафту, але, на нашу думку, потрібно брати до уваги ціни імпортних нафтопродуктів, що надходять у даний час.

На основі наявної статистичної та аналітичної інформації щодо формування ринку нафтопродуктів в Україні та світових цін на нафтопродукти необхідно побудувати математичні моделі, придатні для оцінювання високоякісного коротко- та середньострокового прогнозу цін на нафтопродукти, об'єми споживання, імпорту та експорту нафтопродуктів. Крім того, слід проаналізувати можливий баланс, визначити його позитивні та негативні сторони. Результати прогнозування використати для створення рекомендацій та встановлення можливості керування процесом формування цін.

Проектування СППР: архітектура і функціональна структура

Створення СППР при прогнозуванні динаміки часових рядів розглянемо у вигляді послідовності необхідних етапів.

Етап* I. *Ідентифікація часового ряду. На даному етапі необхідно встановити модель, яка з найбільшим ступенем адекватності описує часовий ряд. Для цього за допомогою спеціальних тестів (тест Дікі–Фуллера, тести на гетероскедастичність) встановлюється, чи процес, описаний часовим рядом, стаціонарний чи ні. Якщо ні, то необхідно виявити природу нестаціонарності: чи процес гетероскедастичний, тобто нестаціонарний відносно дисперсії; чи процес нестаціонарний відносно тренду.

Серед можливих моделей-кандидатів розглядаються такі:

• лінійні моделі авторегресії (АР) та авторегресії з ковзним середнім (АРКС):

– авторегресія АР(p)

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^{p} a_i y(k-i) + \varepsilon(k);$$

– авторегресія з ковзним середнім АРКС(p, q))

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^{p} a_i y(k-i) + \sum_{j=0}^{q} b_j u(k-j) + \varepsilon(k);$$

– розширена АРКС

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^{p} a_i y(k-i) +$$

$$+ \sum_{j=1}^{q} b_j u(k-j) + \sum_{l=1}^{r} c_l \varepsilon(k-l) + \varepsilon(k);$$

• нелінійні моделі відносно змінної:

– нелінійна розширена авторегресія (НРАР)

$$y(k) = F[y(k-1), ..., y(k-p)] +$$

$$+ c_0\varepsilon(k) + c_1\varepsilon(k-1) + ... + c_r\varepsilon(k-r);$$

– нелінійна розширена авторегресія з ковзним середнім (НРАРКС)

$$y(k) = F[y(k-1), ..., y(k-p), u(k), ...$$

$$..., u(k-q), \varepsilon(k-1), ..., \varepsilon(k-r)] + \varepsilon(k);$$

– нелінійна з ковзним середнім (НКС) – Вольтерра 2-го порядку

$$y(k) = \frac{1}{4}[\varepsilon(k) + \varepsilon(k-1) +$$

$$+ \varepsilon(k-2) + \varepsilon(k-3)] - \varepsilon(k)\varepsilon(k-4);$$

– розширена лінійна АР з нелінійним ковзним середнім (РЛАРНКС)

$$y(k) = \sum_{i=1}^{p} a_i y(k-i) + g(\varepsilon(k), ..., \varepsilon(k-q));$$

– НАРКСР на основі радіальних базисних функцій (РБФ)

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^{M} a_i \phi(\|v(k) - c_i\|),$$

$$v(k) = [y(k-1), ..., y(k-p), u(k), ..., u(k-q)]^{\mathrm{T}},$$

$$\phi(r) = (r^2 + \beta)^{-1/2}, \ \beta \geq 0;$$

• моделі гетероскедастичних процесів:

– УАРУГ(p,q)

$$h(k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \varepsilon^2(k-i) + \sum_{j=1}^{q} \alpha_j h(k-j),$$

$$\alpha, \beta, \gamma \geq 0;$$

– експоненційна УАРУГ(p,q)

$$\log(h(k)) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \frac{|\varepsilon(k-i)|}{h(k-i)} +$$

$$+ \sum_{i=1}^{p} \gamma_i \frac{\varepsilon(k-i)}{h(k-i)} + \sum_{i=1}^{q} \beta_i \log(h(k-i));$$

– УАРУГ-М

$$y(k) = \beta + \delta h(k) + \varepsilon(k);$$

$$h(k) = \gamma + a\sum_{i=1}^{s} \varepsilon^2(k-i) + b\sum_{i=1}^{s} h(k-i);$$

• процеси з трендом:

– модель детермінованого або глобального тренду

$$y(k) = a_0 + d_1 k + d_2 k^2 + \cdots + d_n k^n;$$

– модель локального тренду

$$y(k) = a(k) + d_1(k)k;$$

– модель випадкового кроку плюс дрейф (зміщення або перетин)

$$y(k) = a_0 + y(k-1) + \varepsilon(k);$$

– модель випадкового кроку з додатковою шумовою складовою

$$y(k) = \mu(k) + \eta(k),$$

$$\mu(k) = \mu(k-1) + \varepsilon(k);$$

– модель випадкового кроку з шумом та дрейфом

$$y(k) = \mu(k) + \eta(k),$$

$$\mu(k) = a_0 + \mu(k-1) + \varepsilon(k);$$

– модель локального лінійного тренду

$$y(k) = \mu(k) + \eta(k),$$

$$\mu(k) = \mu(k-1) + \lambda(k) + \varepsilon(k),$$

$$\lambda(k) = \lambda(k-1) + v(k)$$

та ін.

Етап* II. *Вибір методів прогнозування. Для прогнозування вибираємо такі методи:

• на основі фільтра Калмана:

$$\hat{x}(k+1) = A(k+1)\hat{x}(k) + K(k)[z(k) - A(k+1)\hat{x}(k)],$$

де $A(n)$ – $(n \times n)$-матриця динаміки системи, $K(k)$ – оптимальний коефіцієнт фільтра;

• на основі різницевого рівняння:

$$E_k[y(k+s)] = a_0 + \sum_{i=1}^{p} a_i E_k[y(k+s-i)],$$

де a_0, a_1, ..., a_p – коефіцієнти АР;

• на основі розв'язків різницевого рівняння:

$$\hat{y}(k+s) = E_k[y(k+s)] = \left(\frac{a_0}{1-a_1}\right)(1-a_1^s) +$$

$$+ \beta_1 a_1^{s-1}\varepsilon(k) + a_1^s y(k),$$

$$\hat{y}(k+s) = y^p(k) + a_1{}^s[A_1(y(0) - y^p(k)) +$$

$$+ A_2(y(1) - y^p(k))] +$$

$$+ a_2^s[A_1(y(1) - y^p(k-1)) + A_2(y(2) - y^p(k-1))];$$

• прогнозування з мінімальною дисперсією:

$$\hat{y}(k+1, k) = (\beta - a)[y(k) + \sum_{i=-\infty}^{k-1} (-\beta)^{k-i} y(i)] =$$

$$= (\beta - a)[y(k) + (-\beta)\sum_{i=-\infty}^{k-1} (-\beta)^{k-1-i} y(i)] =$$

$$= -\beta\hat{y}(k, k-1) + (\beta - a)y(k);$$

• метод подібних траєкторій:

$$I = \min_j \left\{\sum_{i=1}^{p} |y(j+i-1) -\right.$$

$$\left. - y(n-p+i)|\right\}, \; j = 1, 2, ..., n-p,$$

$$J = \min_i |y(k+i-1) -$$

$$- y(n)|, \; i = I, I+1, ..., I+p-1,$$

$$\hat{y}(k+s) = y(I+J+s-1).$$

Етап* III. *Вибір методів попередньої обробки даних. Для попередньої обробки даних скористаємось такими методами:

• логарифмування;

• нормування в діапазоні від –1 до +1;

• диференціювання (можливості обчислення перших різниць та різниць вищих порядків);

• пряме і обернене перетворення Фур'є;

• цифрова фільтрація;

• бутстреп.

Етап* IV. *Вибір методів оцінювання параметрів моделей. Для оцінювання параметрів використовуємо такі методи:

1) для лінійних та квазілінійних моделей:

• метод найменших квадратів (МНК) та його рекурсивна версія (РМНК);

• метод максимальної правдоподібності (ММП) та його рекурсивна версія;

• метод допоміжної змінної (МДЗ);

2) для нелінійних моделей:

• нелінійний метод найменших квадратів (НМНК);

• метод максимальної правдоподібності;

• узагальнений метод моментів (УММ).

Етап* V. *Застосування критеріїв вибору кращих моделей із множини кандидатів. Розглянемо такі критерії вибору кращих моделей:

• критерій середньоквадратичної похибки

$$e(k) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}[y(k) - \hat{y}(k)]^2 \ ;$$

• критерій Дарбіна–Уотсона – перевірка на корельованість похибок

$$DW = 2 - 2\rho \ ,$$

де ρ – коефіцієнт корельованості похибок моделі між собою;

• *t*-статистика Стьюдента для перевірки значимості параметрів;

• інформаційний критерій Акайке

$$\mathrm{AIC} = N\ln\left[\sum_{k=1}^{N} e^2(k)\right] + 2n \ ,$$

де N – довжина вибірки даних; n – кількість параметрів моделі;

• критерій Байєса–Шварца

$$\mathrm{AIC} = N\ln\left[\sum_{k=1}^{N} e^2(k)\right] + n\ln(N) \ ;$$

• критерій Фішера для перевірки адекватності моделі в цілому.

Етап* VI. *Вибір методів обчислення якості прогнозу. Для оцінки якості моделі необхідно визначити, наскільки добре модель відтворює дійсні часові ряди. Завжди рекомендується робити повторний (ретроспективний) прогноз після моделювання. Наведемо формальні критерії оцінки якості моделі:

• формальні статистики (див. нижче);

• поворотні точки (точки перегину);

• чутливість до зміни початкових даних;

• чутливість до зміни коефіцієнтів.

Формальними статистиками перевірки якості прогнозу є такі:

• середньоквадратична похибка (СеКП)

$$\mathrm{RSME} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{T}(y_i - \hat{y}_i)^2} \ ;$$

• середня похибка

$$\mathrm{ME} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i) \ ;$$

• середня відсоткова похибка

$$\mathrm{MPE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \cdot 100;$$

• середня відсоткова абсолютна похибка

$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{\left|y_i - \hat{y}_i\right|}{|y_i|} \cdot 100;$$

• коефіцієнт нерівності Тейла

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{T}(y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{T}(y_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{T}(\hat{y}_i)^2}} \ .$$

Етап* VII. *Розробка функціональної структури системи та інтерфейсу. На даному етапі вибирається архітектура СППР, виконується розробка її функціональної структури, узгоджуються функціональні вимоги з вимогами замовника, розроблюється інтерфейс системи на основі узгоджених функціональних вимог.

Програмна реалізація

Основні класи, використані для реалізації системи:

• public class Series:

– основні змінні:

public int col_num_in_file – номер колонки у файлі;

public Queue<double> data – дані;

public string file_path – файл, з якого завантажені дані;

private string name – назва серії;

private string original – назва серії у файлі file_path;
public period periodicity – період серії;
public DateTime date – початкова дата;

– основні функції (усі public):
queue move_lag(int lag) – повертає серію з лагом;
queue ACF(int max_lag) – повертає АКФ;
queue pacf(Queue acf_func) – повертає ЧАКФ;
double get_max() – повертає максимальний елемент;
double get_min() – повертає мінімальний елемент;
double get_avg() – повертає математичне сподівання;
double get_var() – повертає RSME;
void reset() – очищає серію;
string get_name() – повертає назву серії;
void set_data(double a) – додає дані в кінець черги;
void set_name(string n_ser) – встановлює нове ім'я;

• public class Model:
– основні змінні:
public bool e_a0 – вільна змінна;
public Variable dependent – змінна, що прогнозується;
public double a0 – значення вільної змінної;
public Queue formula – регресори;
private string name – назва моделі;
public Series resid – залишки;
– основні функції:
public void FormResids() – повертає залишки моделі;
public int Max_lag() – повертає максимальний лаг;
public int Min_lag() – повертає мінімальний лаг моделі;

Інтерфейс

Для початку роботи необхідно завантажити дані (рис. 1) у форматі, вказаному на рис. 2: 1-й рядок – початкова дата (кінцеву дату вказувати не потрібно); 2-й рядок – періодичність; 3-й рядок – назви рядів (не повинно бути таких символів: "(", ")", ";"; 4-й, 5-й і т.д. рядки – дані.

(Оскільки фрагменти рисунків взято з монітора комп'ютера, то написи залишились англійською і російською мовами, а бензини позначені a95 і т. д., хоч в тексті – правильно: А-95.)

Після завантаження (рис. 3) можна створювати модель (рис. 4, 5, 6).

Наступний крок – оцінювання прогнозу (рис. 7).

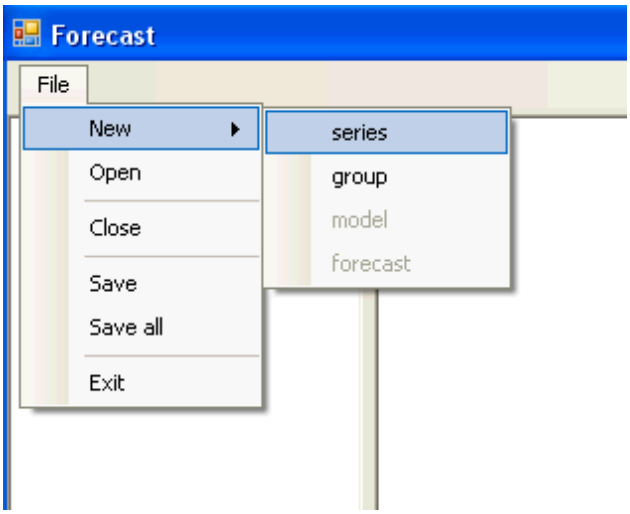


Рис. 1. Завантаження рядів

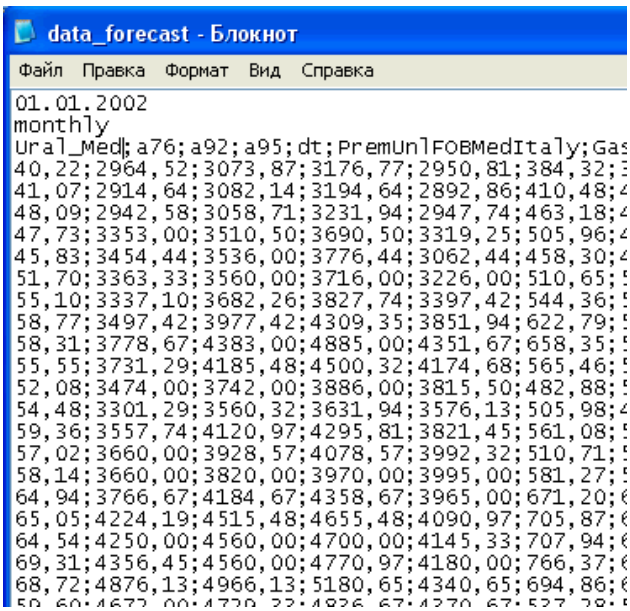


Рис. 2. Формат даних

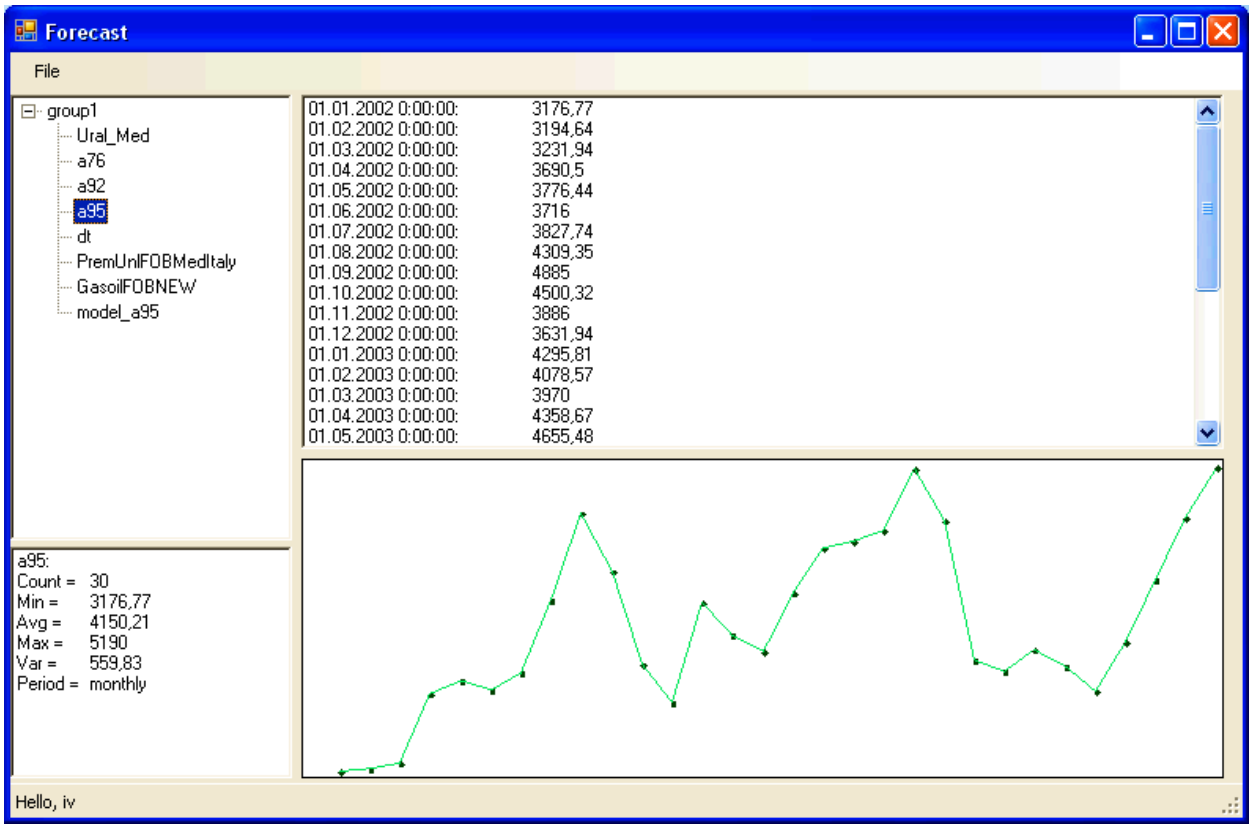


Рис. 3. Завантажені дані, перегляд

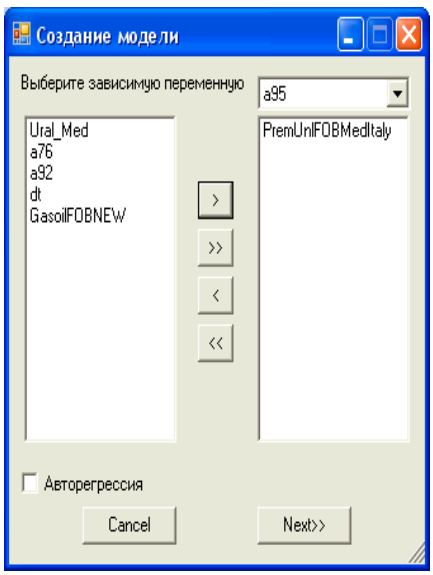


Рис. 4. Створення моделі, вибір залежної змінної та регресорів

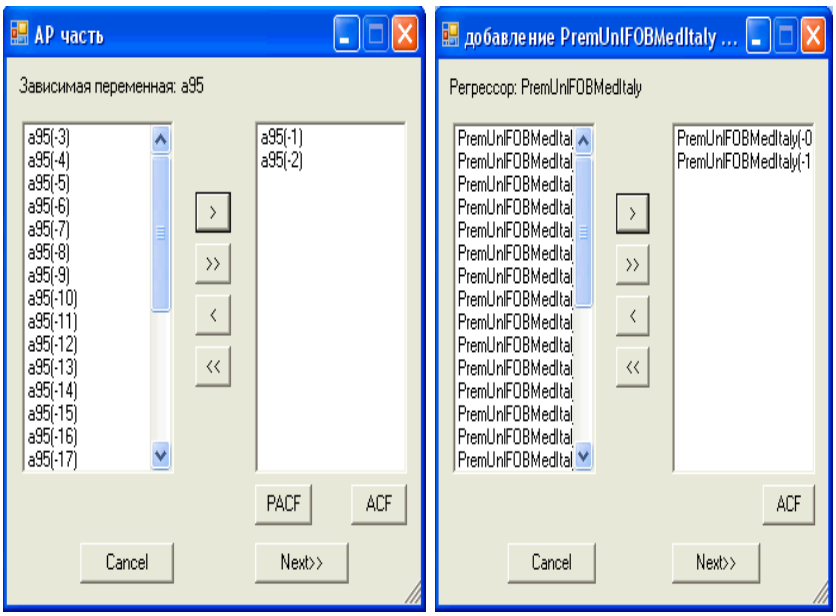
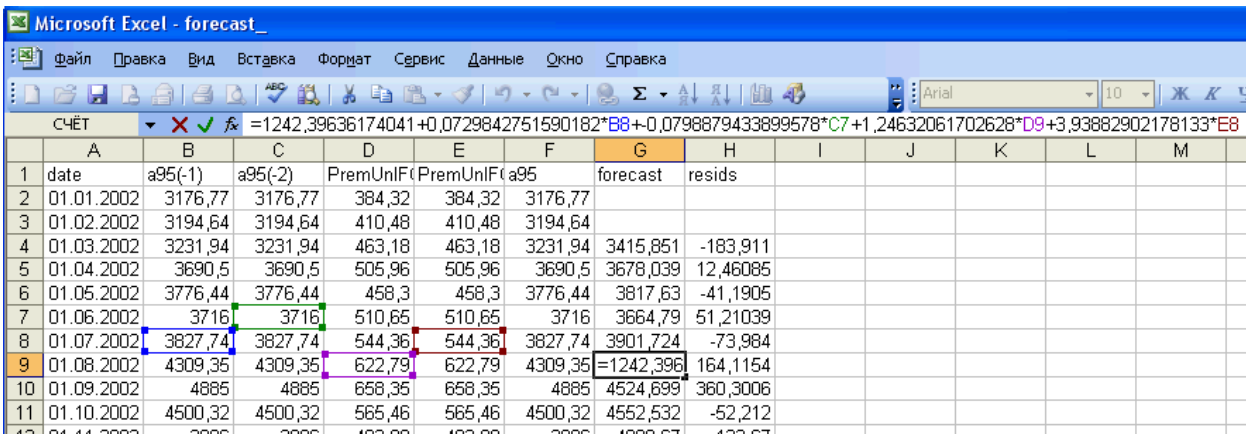


Рис. 5. Створення моделі, вибір лагів, авторегресійної та регресійної частин

Рис. 6. Модель та перегляд основних характеристик її якості



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	date	a95(-1)	a95(-2)	PremUnlF(	PremUnlF(	a95	forecast	resids
2	01.01.2002	3176,77	3176,77	384,32	384,32	3176,77		
3	01.02.2002	3194,64	3194,64	410,48	410,48	3194,64		
4	01.03.2002	3231,94	3231,94	463,18	463,18	3231,94	3415,851	-183,911
5	01.04.2002	3690,5	3690,5	505,96	505,96	3690,5	3678,039	12,46085
6	01.05.2002	3776,44	3776,44	458,3	458,3	3776,44	3817,63	-41,1905
7	01.06.2002	3716	3716	510,65	510,65	3716	3664,79	51,21039
8	01.07.2002	3827,74	3827,74	544,36	544,36	3827,74	3901,724	-73,984
9	01.08.2002	4309,35	4309,35	622,79	622,79	4309,35	=1242,396	164,1154
10	01.09.2002	4885	4885	658,35	658,35	4885	4524,699	360,3006
11	01.10.2002	4500,32	4500,32	565,46	565,46	4500,32	4552,532	-52,212

Рис. 7. Оцінювання прогнозу

Приклад застосування: побудова моделі утворення ціни на нафту

Згідно з автокореляційною функцією побудуємо модель авторегресії 2-го та вищих порядків для А-95 (табл. 2, 3, рис. 8). Дані наведені в табл. 1.

***Таблиця* 1.** Оптова ціна бензину А-95, грн/т

Дата	Ціна 1 т	Дата	Ціна 1 т
01.01.2005	3176,8	01.05.2006	4655,5
01.02.2005	3194,6	01.06.2006	4700,0

***Продовження табл.* 1**

Дата	Ціна 1 т	Дата	Ціна 1 т
01.03.2005	3231,9	01.07.2006	4771,0
01.04.2005	3690,5	01.08.2006	5180,7
01.05.2005	3776,4	01.09.2006	4836,7
01.06.2005	3716,0	01.10.2006	3912,9
01.07.2005	3827,7	01.11.2006	3838,7
01.08.2005	4309,4	01.12.2006	3981,3
01.09.2005	4885,0	01.01.2007	3870,2
01.10.2005	4500,3	01.02.2007	3706,8

*Кінець табл.*1

Дата	Ціна 1 т	Дата	Ціна 1 т
01.11.2005	3886,0	01.03.2007	4032,8
01.12.2005	3631,9	01.04.2007	4443,5
01.01.2006	4295,8	01.05.2007	4856,6
01.02.2006	4078,6	01.06.2007	5131,0
01.03.2006	3970,0	01.07.2007	5004,8
01.04.2006	4358,7	01.08.2007	4690,0

***Таблиця* 2.** Характеристики адекватності моделей та прогнозів

Тип моделі	Характеристики моделі			Характеристики прогнозу		
	R^2	$\sum e^2(k)\times$ $\times 10^{-7}$	DW	СеКП	САПП	Коефіцієнт Тейла
АР(2)	0,65	1,16	1,01	448,5	10,18	0,057
АР(2)+Т3	0,91	0,31	1,91	389,15	8,65	0,049
АР(8)	0,80	0,32	2,04	408,26	8,88	0,049
АР(8)+Т2	0,85	0,24	1,97	367,87	7,56	0,045
АР(8)+Т3	0,85	0,24	1,96	365,35	7,54	0,044

***Таблиця* 3.** Прогнозування ціни бензину А-95 за моделлю АР(2), грн/т

Дата	Ціна 1 т	Прогноз	Залишок	Дата	Ціна 1 т	Прогноз	Залишок
01.2005	3176,8			05.2006	4655,5	4486,2	169,2
02.2005	3194,6			06.2006	4700,0	4640,9	59,1
03.2005	3231,9	3587,9	–355,9	07.2006	4771,0	4568,8	202,1
04.2005	3690,5	3619,7	70,8	08.2006	5180,7	4625,1	555,5
05.2005	3776,4	4083,5	–307,0	09.2006	4836,7	5024,5	–187,8
06.2005	3716,0	3990,1	–274,1	10.2006	3912,9	4501,8	–588,9
07.2005	3827,7	3892,7	–64,9	11.2006	3838,7	3674,9	163,8
08.2005	4309,4	4033,4	275,9	12.2006	3981,3	3966,2	15,1
09.2005	4885,0	4491,6	393,4	01.2007	3870,2	4144,8	–274,6
10.2005	4500,3	4900,2	–399,8	02.2007	3706,8	3971,8	–265,0
11.2005	3886,0	4268,7	–382,7	03.2007	4032,8	3845,7	187,2
12.2005	3631,9	3781,1	–149,1	04.2007	4443,5	4251,2	192,3
01.2006	4295,8	3761,2	534,6	05.2007	4856,6	4549,7	306,9

Кінець табл. 3

Дата	Ціна 1 т	Прогноз	Залишок	Дата	Ціна 1 т	Прогноз	Залишок
02.2006	4078,6	4555,6	–477,0	06.2007	5131,0	4817,0	314,0
03.2006	3970,0	4063,8	–93,8	07.2007	5004,8	4938,4	66,4
04.2006	4358,7	4037,2	321,5	08.2007	4690,0	4697,2	–7,2
				09.2007		**4418,9**	

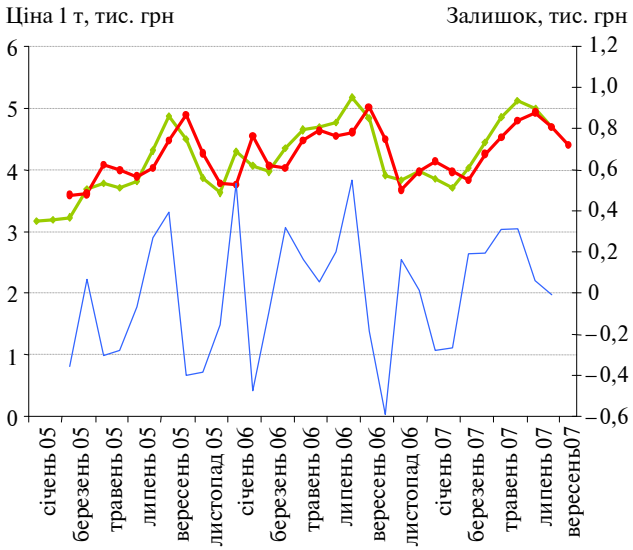


Рис. 8. Результати прогнозування за моделлю АР(2): — А-95; — forecast; — resids

Порівняльний аналіз вибраних методів прогнозування

Для порівняння з побудованими моделями авторегресії різних порядків скористаємось методами експоненційного згладжування, групового врахування аргументів (чіткий та нечіткий) та фільтром Калмана. Всі вказані методи використані для оцінювання однокрокового прогнозу. Результати однокрокового прогнозування наведені в табл. 4 і на рис. 9.

Найкращим щодо оцінювання однокрокового прогнозу виявився метод групового врахування аргументів (МГВА). Наступними за якістю прогнозу є авторегресія 8-го порядку (АР(8)) та методи експоненційного згладжування. Гірші результати отримані за допомогою фільтра Калмана, що ґрунтується на моделі авторегресії 2-го порядку. Необхідно відзначити зручність використання МГВА, який автоматично виконує пошук структури кращої моделі.

***Таблиця* 4.** Порівняльний аналіз вибраних методів прогнозування

Показник	Експоненційне згладжування	Подвійне експоненційне згладжування	МГВА	НМГВА	АР(8)	Фільтр Калмана
СКП	461,29	711,53	284,05	337,03	367,87	800,23
САПП	9,50	14,91	6,04	6,78	7,56	16,43
U	0,06	0,09	0,04	0,04	0,04	0,11
Місце	4	5	1	2	3	6

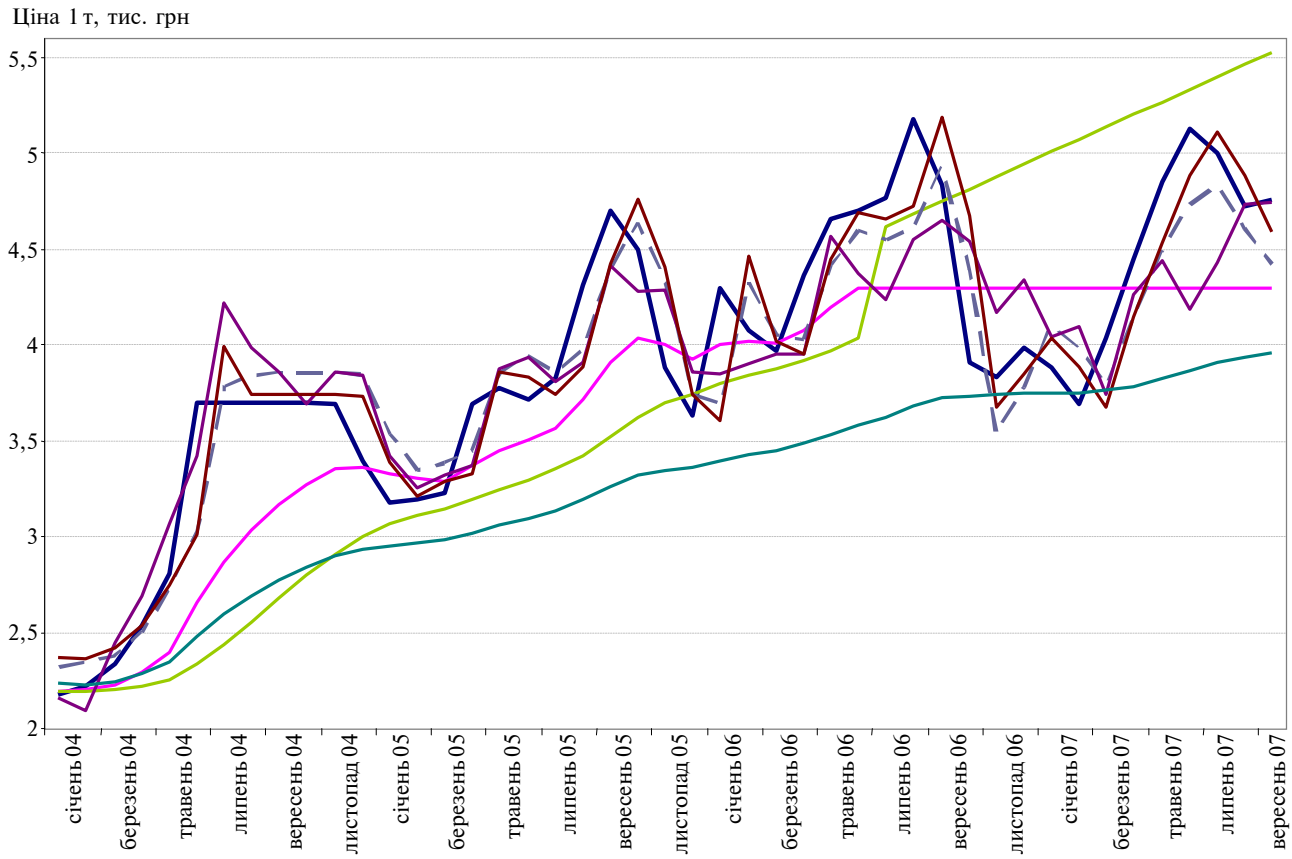


Рис. 9. Графіки однокрокового прогнозування: — Y; — експоненційне згладжування; — подвійне експоненційне згладжування; — оцінка за чітким МГВА; — оцінка за нечітким МГВА; — МНК; — фільтр Калмана

Висновки

Розроблена СППР надає можливості побудови коректних математичних моделей стаціонарних та нестаціонарних нелінійних процесів різної природи. Перевагою запропонованої системи є відкритість її архітектури, що створює сприятливі умови для користувача щодо подальшого розширення функцій системи з метою підвищення якості оцінюваних моделей та прогнозів на їх основі. Зручний інтерфейс з елементами адаптації до користувача сприяє підвищенню продуктивності роботи із системою і комфортної взаємодії користувач–система.

Застосування системи до аналізу ціноутворення на нафту та нафтопродукти показало, що ринок заповнений великими об'ємами імпортних товарів і що ціна на вказані продукти всередині країни більша за ціну за кордоном. Отже, маємо конкурентоспроможні імпортні товари, які знижують ціну менш якісної вітчизняної продукції.

Отримані показники якості однокрокового (історичного) прогнозу свідчать про прийнятну

якість прогнозів, оцінених на основі МГВА та простої авторегресійної моделі. Порівняння цих результатів свідчить про достатню близькість отриманих результатів.

У подальшому передбачається розширення функціональних можливостей системи новими методами прогнозування нестаціонарних та нелінійних процесів.

И.В. Афанасьева, П.И. Бидюк, А.Н. Поворознюк

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ СППР ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Предлагается система поддержки принятия решений для прогнозирования финансово-экономических процессов. Система реализована в среде Visual Studio 5.0 на языке программирования C#. Приведен пример использования программного продукта для прогнозирования цен на нефтепродукты в Украине. Предполагается доработка данного программного продукта новыми методами прогнозирования нестационарных и нелинейных процессов.

I.V. Afanasyeva, P.I. Bidyuk, A.N. Povorosnyuk

ON THE SPECIFICITY OF SSDM DESIGNING AND REALIZATION FOR FINANCIAL AND ECONOMIC PROCESSES FORECASTING

This paper reports on the decision-making support system for financial and economic processes forecasting. The system is implemented in the environment of Visual Studio 5.0 in programming language C#. On the experimental side, the given software product is applied to the price forecasting for oil products in Ukraine. Moreover, we're going to continue this thread of research to further modify the given software product by new methods for non-stationary and nonlinear processes forecasting.

1. *Олексюк О.С.* Системи підтримки прийняття фінансових рішень на мікрорівні. – К.: Наук. думка, 1998. – 508 с.
2. *Глухов В.В.*, *Медников М.Д.*, *Коробко С.Б.* Математические методы и методы для менеджмента. – М.: Лань, 2000. – 480 с.
3. *Кігель В.Р.* Математичні методи ринкової економіки. – К.: Кондор, 2003. – 158 с.
4. *Черноруцкий И.Г.* Методы оптимизации и принятия решений. – СПб.: Лань, 2001. – 384 с.
5. *Эддоус М.*, *Стэнсфилд Р.* Методы принятия решений. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 590 с.
6. *Holsapple C.W.*, *Whinston A.B.* Decision Support Systems (a knowledge based approach). – New York: West Publishing Company. – 860 p.
7. *Деннинг В.*, *Эссинг Г.*, *Маас С.* Диалоговые системы "Человек–ЭВМ". Адаптация к требованиям пользователя / Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 112 с.
8. *Герасимов Б.М.*, *Тарасов В.А.*, *Токарев И.Б.* Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.

Рекомендована Радою навчально-наукового комплексу "Інститут прикладного системного аналізу" НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції 29 січня 2008 року