

О.С. Войтенко, Н.А. Карнаух

## **ПОБУДОВА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ**

*Анотація. Мета роботи полягала у розробці алгоритму визначення ряду регресійних моделей прогнозування заданих показників та у визначенні найбільш ефективного критерію оцінки результатів роботи отриманих моделей. Для вирішення проблеми визначення оптимальної структури моделі прогнозування розроблена система підтримки прийняття рішень для аналізу та прогнозування часових рядів. Предметна область системи – ряди даних макроекономічних показників. Вихід системи – найкраща модель для даного ряду у класі регресійних моделей та показники якості отриманих моделей.*

### **Вступ**

Перехід національної економіки від планової до ринкової потребує вдосконалення системи прогнозування економічного та соціального розвитку. Особливе значення при цьому мають макроекономічні прогнози, які використовуються урядом в процесі формування економічної політики та бюджету. Прогнози, що розробляються, повинні бути обґрунтованими та служити надійним інструментом прийняття управлінських рішень, а також відповідати вимогам сучасної світової економічної практики. Існують методики для вирішення задачі прогнозування, але вибір кращої методики залежить від вибірки даних та критерію, що підлягає оптимізації [1]. Мета цієї роботи полягає у розробці алгоритму визначення структури регресійних моделей для прогнозування та у визначенні ефективного критерію оцінки отриманих моделей. Оскільки на зміну значень макроекономічних показників впливають зовнішні фактори, реалізуються методи, які будуть це враховувати. Для визначення структури прогнозуючої моделі розроблена система підтримки прийняття рішень (СППР). Для фільтрації даних застосовується метод експоненційного згладжування. У процесі роботи система будує кращу модель, обробляючи дані

згідно сформованих експертом правил. Для тестування функціональності реалізованої системи підтримки прийняття рішень в якості вхідної залежної змінної використовується грошовий агрегат М1.

Вихід системи – краща модель для даного ряду у класі регресійних моделей (АР – авторегресія, АРКС – авторегресія із ковзним середнім, АРІ – інтегрована авторегресія, АРІКС – авторегресія з інтегрованим ковзним середнім, АРКСР – авторегресія із ковзним середнім розширена) та показники якості отриманих моделей. Вибірка для тестування роботи системи охоплює щомісячні значення основних макроекономічних показників України за період 1996 – 2009 р.

### Постановка задачі

Система повинна бути інструментарієм для визначення оцінок майбутніх значень показників економіки України на основі історичних значень. Система призначена для визначення кращої (за статистичними критеріями якості) моделі для оцінювання майбутнього прогнозу. Завантаження вхідних агрегатів (1-го агрегату для авторегресійних моделей) відбувається із файлу типу \*.xls. Вихідними даними є математичні описи моделей та показники їх якості.

Необхідно реалізувати моделі таких типів: АР; АРКС; АРІ; АРІКС; АРКСР. Для тестування системи в якості показника, що прогнозується, використовується значення грошової маси України М1. Для визначення параметрів моделі запропоновано використати економічні показники, частина яких наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Опис вхідних агрегатів для моделі АРКСР

TABLESTUB	Опис
Official Rate	Офіційний курс, що встановлюється НБУ, гривня/долар
Total Reserves minus Gold	Золотовалютні резерви НБУ без золота
Deposit Money Banks: Assets	Активи банківської системи
Liabilities	Зобов'язання банківської системи
Foreign Assets	Іноземні активи у національній валюті
Claims on General Government	Вимоги до уряду
М0	грошовий агрегат М0 (готівкові кошти)

M1	M0+чекові депозити
M2	M1+безчекові збереження+невеликі термінові депозити
M3	M2+крупні (більше 100 тис.долю) термінові депозити

### Розробка дерева прийняття рішень

Відомі підходи до побудови моделей наведено в [1, 2, 3]. Реалізована СППР будується на основі процедур та алгоритмів, які необхідні для рішення вибраної задачі. Структура дерева прийняття рішень відображена на рис.1.

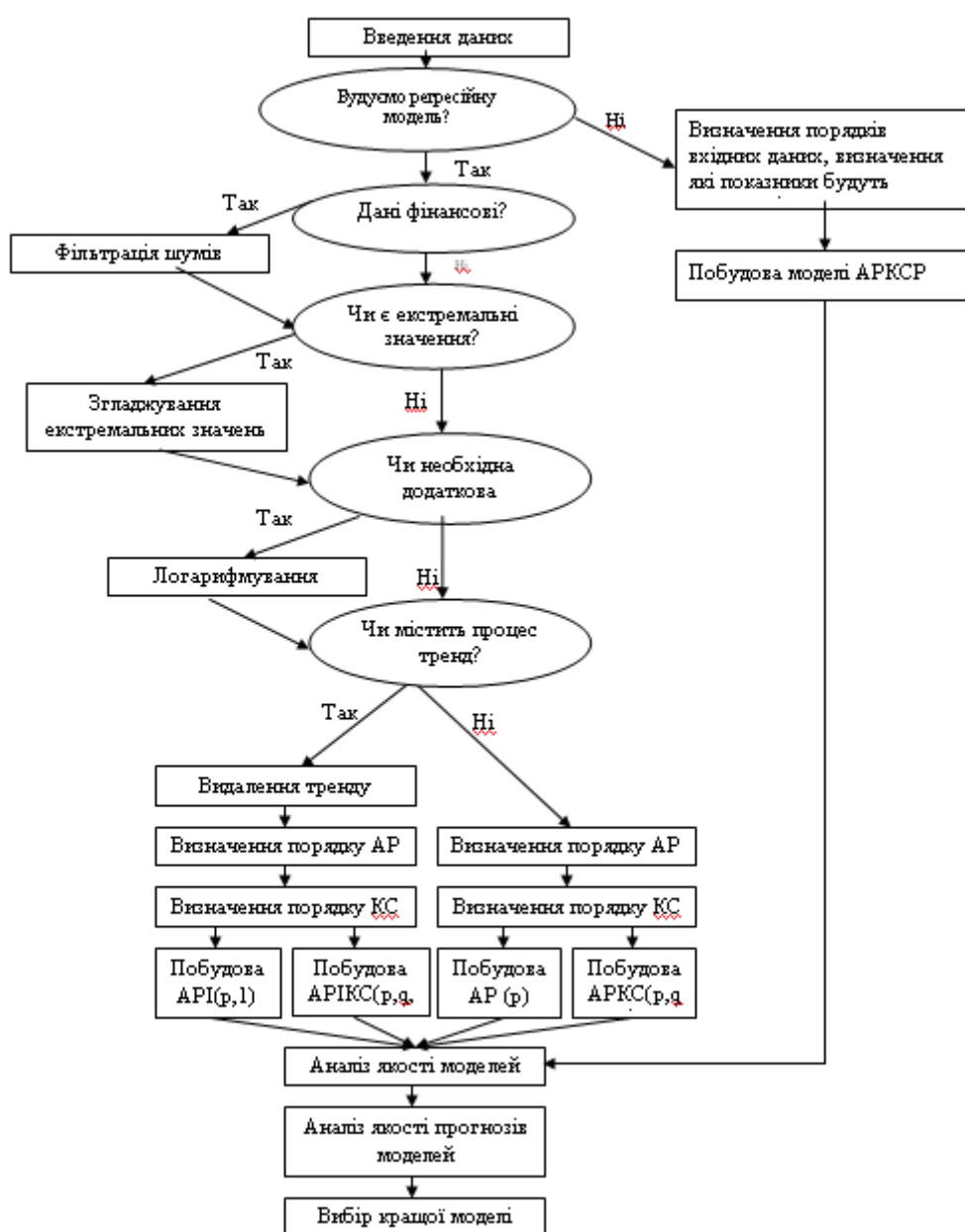


Рисунок 1 - Дерево прийняття рішень

### Опис реалізованої системи

Система реалізована в Builder C++, оскільки дане середовище дає можливість реалізувати роботу з файлами, побудову моделей та інше. Завантаження вхідних агрегатів відбувається із файлу типу \*.xls. Реалізовані все необхідні регресійні моделі: АР; АРКС; АРІ; АРІКС; АРКСР.

Після запуску програми користувачу необхідно вказати:

1. Вибір типу моделей (авторегресія), введення розмірності вхідного ряду, вибір - дані фінансові чи ні.

2. Адресу файлу із вхідними даними (у відповідному вікні).

Якщо вибрана авторегресійна модель: відображаються кращі за обраним критерієм моделі, а також користувачу надаються прогнозовані оцінки значення показника на наступний період. Надаються характеристики якості отриманих моделей, показники адекватності моделі та математичний опис моделей.

Вихідні дані системи відображені на рис. 2.

Comparative table for the best models' characteristics			
	BY EXPERT'S EVALUATION	BY INTEGRAL CRITERIA	BY FORECAST VALUE
R-squared	0.000	1.000	1.000
Durbin-Watson statistics	1.880	2.400	2.400
Teil's coefficient U	1.000	0.000	0.020
SAPP (standard absolut error)	100.000	0.000	3.160
RMSE	0.033	1.72E3	1.64E3
SSE (sum squared resid)	0.122	3.3E8	3.33E8
Integral criteria value	101.000	0.034	3.210
Included observations	112	112	124

Equations:	
- of the best expert model:	$\log y(k) = \text{delta} \log y(k) + \log y(k-1)$ $\text{delta} \log y(k) = 0.010 + 0.132 * \text{delta} \log y(k-2) - 0.171 * \text{delta} \log y(k-7) + 0.097 * \text{delta} \log y(k-11) + 0.464 * \text{delta}$
- of the best model by IC:	$y(k) = 156.000 + 1.020 * y(k-1) + v(k) + 1.020 * v(k-1) + 0.000 * v(k-2) + 0.000 * v(k-3) + 0.000 * v(k-4) + 0.000 * v(k-7) + 0.000 * v(k-11)$
- of the best model by forecast:	$\log y(k) = 0.014 + 0.999 * \log y(k-1) + v(k)$

Рисунок 2 - Вихідні дані системи

Якщо після запуску програми необхідно отримати модель АРКСР, то користувачу необхідно реалізувати наступні кроки:

- Вибір типу моделей (АРКСР);
- Введення розмірності вхідного ряду;
- Вибір - дані фінансові чи ні;
- Зчитування даних із файлу.

Вхідне та вихідне вікно для роботи із моделлю АРКСР відображені на рис.3 та рис.4 відповідно.

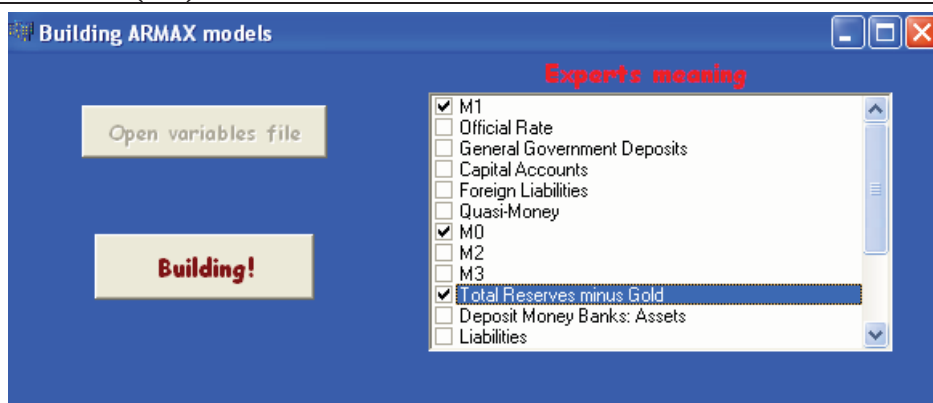


Рисунок 3 - Вхідне вікно для роботи із моделлю АРКСР

	BY FORECAST	BY EXPERT'S EVALUATION
R-squared	0,857227040944443	0,949357574824318
Durbin-Watson statistics	0,207991728938529	1,0124362772811
Teil's coefficient U	0,0175192959248066	0,0114087185444319
SAPP (standard absolut error)	2,63115629923615	1,76525132886162
RMSE	2630,85577756164	1726,59640848967
SSE (sum squared resid)	207642063,669884	89434054,734283
Integral criteria value	2,82180511092535	1,867397428458
Included observations	30	30

Equations:

- of the best expert model:

$$M1 = 0,692345382546938 * M1[t-1] + 0,182787226678763 * M1[t-2] + 0,812243999793659 * M1[t-3] + 0,0235948708796013 * M1[t-4] + 86,6129588141342 * Official\ Rate[t-2] + 69,8024510418616 * Official\ Rate[t-3] + 62,8931335636891 * Official\ Rate[t-4] + 0,0474182645808529 * General\ Government\ Deposits[t-0] + 0,0285122794439744 * General\ Government\ Deposits[t-1] + 0,0601576353862975 * General\ Government\ Deposits[t-2] + 0,128887913506276 * General\ Government\ Deposits[t-3] + 0,0297539492769473 * General$$

- of the best model by forecast:

$$M1 = 0,527397299213226 * M1[t-1] + 0,213734367153206 * M1[t-2] + 0,555518799578571 * M1[t-3] + 0,489444080230821 * M1[t-4] + 1,18513984355542 * M0[t-0] + 0,590254893464029 * M0[t-1] + 0,351859613070682 * M0[t-2] + 0,270729624323935 * M0[t-3] + 0,345971372268234 * M0[t-4] + 0,323776094128513 * Total\ Reserves\ minus\ Gold[t-0] + 0,0928746937993925 * Total\ Reserves\ minus\ Gold[t-1] + 0,267978380598916 * Total\ Reserves\ minus\ Gold[t-2] + 0,0673986886531783 * Total\ Reserves\ minus$$

Рисунок 4 - Вихідне вікно для роботи із моделлю АРКСР

### Результати роботи системи

Результатами роботи системи є регресійні моделі прогнозування грошового агрегату М1. В якості критерію оцінювання результатів моделей були запропоновано такі критерії: (1) оцінювання результатів прогнозування (відхилення від реальних показників); (2) інтегральний критерій оцінювання роботи моделі [1].

Інтегральний критерій для оцінювання результатів моделювання і прогнозування включає такі статистичні критерії якості:

- середньоквадратична похибка (СП), коефіцієнт детермінації (R2), коефіцієнт Дарбіна-Уотсона (DW);

- середня абсолютна похибка в процентах (САПП), сума квадратів похибок прогнозу (СКП), коефіцієнт Тейла (U) –

оцінювання якості прогнозів.

Враховуючи на особливості цих критеріїв якості, запропоновано наступний вигляд інтегрального критерію.

$$IK = \frac{1}{6} \left( \alpha \left( (1 - R^2) \left( (2 - DW) \left( 2 + \frac{\sum_{k=1}^N e^2(k)}{\sqrt{(N) \sum_{k=1}^N (\tilde{y}(k))^2 \sum_{k=1}^N (y(k))^2}} \right) \right) + \beta \left( \text{САПП} + U + \frac{\text{СКП}}{\sum_{k=1}^N (\tilde{y}(k))^2 \sum_{k=1}^N (y(k))^2} \right) \right) \right) \quad (1)$$

Результати роботи системи для запропонованого ряду місячних показників грошового агрегату М1 наведено нижче.

Краща модель за інтегральним критерієм:

$$y(k) = 156,00 + 1,02 * y(k-1) + v(k) + 1,02 * v(k-1) + 0,00 * v(k-2) + 0,00 * v(k-3) + 0,000 * v(k-4) + 0,00 * v(k-7) + 0,00 * v(k-11) \quad (2)$$

Краща модель за результатом прогнозування:

$$\log y(k) = 0,014 + 0,99 * \log y(k-1) + v(k) \quad (3)$$

Таблиця 2

Результати роботи системи.

Критерій	Інтегральний критерій	Результати прогнозування
Коефіцієнт детермінації	0,86	0,95
Коефіцієнт Дарбіна-Уотсона	0,21	1,01
Коефіцієнт Тейла	0,02	0,01
Середня абсолютна похибка в процентах	2,63	1,76
Середньоквадратична похибка	2630	1726
Сума квадратів похибок прогнозу	207642063	89434054
Інтегральний критерій	2,82	1,87

Таким чином, побудована модель високого ступеня ефективності, яка дає можливість отримати високоякісний прогноз із САПП=1,76%.

### Висновки

Показник грошової маси має важливе значення для економічної стабільності, оскільки зміна об'єму цього показника може суттєво вплинути на реальний випуск ВВП, рівень цін, зайнятість та інші економічні змінні. Запропонована система підтримки прийняття рішень для прогнозування макроекономічних показників за регресійними моделями; при цьому реалізуються різні структури моделей. Враховані залежності між даними, що прогнозуються, та вхідними

даними для визначення параметрів моделі. Отримана кращі моделі для даного ряду у класі регресійних моделей (АР, АРКС, АРІ, АРІКС, АРКСР). Структура моделі формується згідно правил, які відображені на дереві рішень. Затримка при обробці даних і побудові моделей складає декілька секунд і пов'язана із зчитуванням даних із файлів. Результати роботи системи, згідно показників адекватності моделей, свідчить про високу ефективність застосованої системи. Для моделей типу АРКСР показник інтегрального критерію становить порядку 2-х одиниць, а для регресійних моделей – 3-х одиниць.

У подальших дослідженнях необхідно ввести в систему методи оцінювання нелінійних моделей, які дадуть можливість суттєво розширити можливості системи.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Бідюк П.І., Меньяйленко О.С., Половцев О.В. Методи прогнозування. - Луганськ: Альма-матер, 2008. – 620с.
2. Івахненко О.Г. Індуктивний метод самоорганізації моделей складних систем. - Київ: Наукова думка, 1982. – 296с.
3. Лукашин Ю.П. Адаптивні методи короткострокового прогнозування. Москва: Фінанси і статистика, 2003. – 415с.
4. [http://firm.trade.spb.ru/serp/new\\_es/index.htm](http://firm.trade.spb.ru/serp/new_es/index.htm) Лекції з курсу «Експертні системи» Санкт-петербурзької лісотехнічної академії
5. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008.-341 с.

Одержано 24.01.2011р.