

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# Управління розвитком складних систем

## Випуск 18, 2014

*Заснований у 2010 році (видається 4 рази на рік)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації*

*Серія КВ № 16323-4795Р від 16 грудня 2009 року*

**Програмні цілі:**

**Управління проектами.**

**Інформаційні технології управління.**

**Інформаційні технології проектування.**

**Інформатизація вищої освіти.**

**Інформаційні технології в економіці.**

**Інформаційні технології в енергетиці.**

**Технології управління розвитком.**

**Управління технологічними процесами.**

*Постановою Президії ВАК України  
№1-05/7 від 10 листопада 2010 року  
збірник наукових праць  
«Управління розвитком складних  
систем» включено до «Переліку  
фахових видань України», в яких  
можуть публікуватися  
результати дисертаційних робіт  
на здобуття наукових ступенів  
доктора і кандидата наук*

*За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор*

*Затверджено до друку вченою радою Київського національного університету  
будівництва і архітектури  
(протокол № 26 від 30 травня 2014 року)*

**Адреса редакції: Україна, 03680,  
м. Київ-37, Повітрофлотський пр., 31  
Телефон/факс: +38 (044) 248-30-50  
Тел.: +38 (044) 241-54-07  
е – mail редакції: [urss@knuba.edu.ua](mailto:urss@knuba.edu.ua)  
web: <http://urss.knuba.edu.ua>**

## З М І С Т

## УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

<i>Minayeva T.S.</i> Theoretical and methodological bases of an evaluation of functional development of international companies' activities for Antirecession management goals.....	6
<i>Norio T., Tanaka H., Bushuyev S.</i> Benchmarking the State-of-the-Art Information and Communication Technology (ICT) Infrastructure Supporting Management of Major-sized Engineering and Construction Projects.....	11
<i>Андреевская В.А.</i> Проектный потенциал в системе потенциалов стивидорной компании.....	17
<i>Берневек Т.И.</i> Задачи маркетинга по этапам жизненного цикла проекта приобретения морского транспортного судна.....	25
<i>Берулава Д.З.</i> Несилова взаємодія суб'єктів управління в рамках стратегічних програм розвитку міст.....	31
<i>Бушуев С.Д., Яценко Ю.Г., Дмитриев К.А., Неизвестный С.И.</i> Тестология в управлении проектами.....	35
<i>Гайдюкова Н.В.</i> Теория возможностей при формировании портфеля проектов.....	49
<i>Гловацкая С.Н.</i> Подход к оценке ценности проектов международной деятельности.....	53
<i>Катаев Д.С.</i> Организационная модель проектно-операционной деятельности промышленных предприятий.....	58
<i>Колесникова Е.В.</i> Развитие теории проектного управления: закон Воробьева Ю.Л. о влиянии риска на успешность портфеля проектов.....	62
<i>Омельчук А.О.</i> Цільове програмування як одна із найважливіших форм державного регулювання економіки.....	68
<i>Павліха Н.В., Марчук Ю.В.</i> Концептуальні засади управління проектами сталих просторових систем.....	74
<i>Рач Д.В.</i> Классификация рисков проекта с позиции деятельностной модели проекта.....	80
<i>Рибак А.І., Азарова І.Б.</i> Аналіз механізмів фінансування будівельних проектів в галузі житлового будівництва. Ринковий механізм фінансування.....	88
<i>Тесля Ю.М., Кубявка Л.Б., Латшьева Т.В.</i> Структури програм інформатизації вищих навчальних закладів.....	98
<i>Цюцюра М.І., Цюцюра С.В., Криворучко О.В., Цюцюра Г.О.</i> Управління проектами розвитку змісту освіти як управління успішними проектами за методологією MSP.....	102

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ

<i>Берзлев О.Ю., Білощицький А.О.</i> Інформаційна система для прогнозування і прийняття рішень у фінансовій сфері.....	106
<i>Федушко С.С., Білуцак Г.І.</i> Формування системи лінгво-комунікативних індикаторів соціально-демографічних характеристик web-учасників.....	112
<i>Чемерис М.М., Отамась В.В.</i> Інформаційна система моніторингу поведження з твердими побутовими відходами.....	123

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

<i>Бородавка Є.В., Квасневський В.М.</i> Методи сортування геометричних об'єктів та їх реалізація на прикладі плагіна автонумерації елементів для САПР Allplan.....	128
---	-----

---

<i>Пасічник О.О., Бурба О.І.</i> Визначення оптимального варіанта інформаційної інфраструктури корпоративного інформаційного простору.....	133
--	-----

### **ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

<i>Білощицький А.О., Діхтяренко О.В., Лященко Т.О.</i> Перетворення файлів різних типів до єдиного формату.....	140
---	-----

<i>Бушуєв С.Д., Білощицький А.О., Гогунський В.Д.</i> Наукометричні бази: характеристика, можливості і завдання.....	145
--	-----

<i>Маляр М.М., Штимак А.Ю.</i> Схема обробки інформації для визначення професійної компетентності випускника ВНЗ.....	153
---	-----

### **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ**

<i>Минаєв Ю.Н., Филімонова О.Ю., Минаєва Ю.И., Филімонов Г.А.</i> Интеллектуальный анализ временных рядов. Сингулярные декомпозиции и гранулярный компьютеринг в задачах интеллектуального анализа временных рядов.....	159
---	-----

### **ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ**

<i>Дичко А.О., Єремєєв І.С., Гузовський М.Є.</i> Управління складними системами поведження з рідкими побутовими відходами.....	168
--	-----

<i>Кондрук Н.Е.</i> Розробка системи обробки нечіткої експертної інформації.....	173
--	-----

УДК 004:519.2

<sup>1</sup>Берзлев Олександр Юрійович

Викладач кафедри кібернетики і прикладної математики

<sup>2</sup>Білощицький Андрій Олександрович

Доктор технічних наук, професор кафедри основ інформатики

<sup>1</sup>Ужгородський національний університет, Ужгород<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ФІНАНСОВІЙ СФЕРІ

*Побудовано автоматизовану персональну локальну інформаційну систему обробки даних як систему прогнозування і підтримки прийняття рішень у фінансовому секторі, в якій синтезовані запропоновані математичні моделі та методи прогнозування фінансових часових рядів. Інформаційна система забезпечує виконання таких задач: передпрогнозний фрактальний аналіз часового ряду, реалізація комбінованих моделей прогнозування рівнів та знаків приростів часових рядів, ідентифікація моментів зміни їх тенденцій для прийняття фінансових рішень.*

**Ключові слова:** фінансовий часовий ряд, інформаційна система прогнозування, прийняття рішень

*Построена автоматизированная персональная локальная информационная система обработки данных как система прогнозирования и поддержки принятия решений в финансовом секторе, в которой синтезированы предложенные математические модели и методы прогнозирования финансовых временных рядов. Информационная система обеспечивает выполнение следующих задач: передпрогнозный фрактальный анализ временного ряда, реализация комбинированных моделей прогнозирования уровней и знаков приростов временных рядов, идентификация моментов изменения их тенденций для принятия финансовых решений.*

**Ключевые слова:** финансовый временной ряд, информационная система прогнозирования, принятие решений

*The forecasting information system that is based on adaptive combined models of hybrid and selective types according to various criteria of selection, the previous history indexing methods for nearest neighbor and K-nearest neighbors was suggested. Indexing options, proximity measure, other models indicators can be defined by users in the course of the forecast. Information system solves three actual problems: time values series forecasting with determined predicted horizon, time series increments forecasting to one point forward and identification of time series moments of variation trends. Results of the comparative analysis suggest that the proposed models, which are the components of information system provide a higher accuracy. Under this information system the method of pre-forecasting fractal time series analysis, based on the sequential R/S-analysis is offered.*

*Developing of effective time series forecasting information systems is an urgent task for both for theory and practice. In particular, this system can be used by analysts, investors and traders to solve problems of money management, investment, planning and so on.*

**Keywords:** financial time series, forecasting information system, decision making

### Вступ

В умовах визначеності процедура прогнозування успішно реалізується на основі статистичних економетричних моделей, проте в умовах невизначеності, при зашумленості,

нестационарності і наявності біфуркацій в даних, традиційні методи та моделі неконкурентні з методами нового покоління, які включають інтелектуальне оброблення даних, підходи багаторівневої комбінації моделей тощо.

Крім того, для успішної реалізації задач прогнозування в даних умовах не обійтися без оцінювання інформації від експерта або особи, яка приймає рішення (ОПР). Особливо це актуально у сучасній фінансовій сфері, більшість процесів в якій розвиваються в умовах невизначеності та ризику.

У роботі пропонується підхід реалізації інтелектуальної інформаційної технології для задач прогнозування і прийняття рішень у фінансовій сфері.

При побудові інформаційної технології та проведенні досліджень в даній роботі були використані результати фундаментальних праць дослідників у галузі моделювання, прогнозування і аналізу часових рядів: Р. Брауна, Дж. Бокса, Г. Дженкінса, К. Верчелліса, Ю. Лукашина, А. Івахненка; роботах з фрактального аналізу часових рядів: Б. Мандельброта, Е. Петерса, Е. Федера; працях щодо застосування методів інтелектуального аналізу даних для цілей прогнозування: Ф. Фернандес-Родрігеса, М. Шерера [1-6].

При розробці інформаційної технології було запропоновано моделі та методи, які, по-перше, дають змогу підвищити точність прогнозування часових рядів і як наслідок удосконалити процеси управління фінансовими ризиками з метою їх диверсифікації, а по-друге, розвивають теоретичну та практичну базу за тими науковими напрямками, які залишаються відкритими або вивчені не повною мірою. До цих напрямів належать використання апарату фрактального аналізу часових рядів [7], розроблення комбінованих моделей з використанням результатів інтелектуального аналізу часових рядів, зокрема індексації за методами найближчого сусіда і К-найближчих сусідів [8; 9], побудова методів ідентифікації моментів зміни тенденцій для фінансових рядів з метою автоматизації вироблення стратегій прийняття рішень у фінансовій сфері та розроблення критеріїв їх оцінювання [10].

Актуальність досліджень, які пов'язані з аналізом і прогнозуванням нестационарних фінансових процесів, має не тільки практичне значення для прогнозистів, інвесторів та аналітиків, але й теоретичне: розробка концепцій і математичного інструментарію, що може скласти основу для подальших наукових досліджень в цій галузі [11].

### Мета і завдання статті

Метою дослідження є підвищення оцінок прогнозів нестационарних фінансових часових рядів та якості ідентифікації моментів зміни тенденцій для вироблення стратегій поведінки у фінансовій сфері, завдяки розробленню нових моделей та методів, створенню критеріїв їх

оцінювання, а також побудови інформаційної системи підтримки прийняття рішень, в яку вони синтезуються.

### Описання інформаційної системи

Інформаційна система прогнозування і прийняття рішень (ІСППР) реалізована як застосунок до операційної системи «Microsoft Windows». ІСППР забезпечує виконання таких задач (рис. 1):

- передпрогнозне оброблення фінансового часового ряду, яке включає фрактальний аналіз (перевірка гіпотези про абсолютну випадковість вхідного часового ряду, встановлення рівнів персистентності, ідентифікації середньої величини циклів тощо);
- реалізація комбінованих моделей прогнозування відповідно до двох основних постановок: прогнозування рівнів та знаків приростів часових рядів;
- використання результатів прогнозування для прийняття рішень (ідентифікація моментів зміни тенденцій, розрахунок потенціалів часових рядів тощо).

Розроблена ІСППР базується на таких ключових методах і алгоритмах:

1. Метод передпрогнозного фрактального аналізу часових рядів та методи оцінювання інвестиційної якості фінансових часових рядів.

Ці методи забезпечують такі функції ІСППР:

- розрахунок показника Херста на основі послідовного R/S-аналізу вхідного часового ряду для визначення рівня персистентності ряду;
- перевірка гіпотези про важливість розрахованого показника Херста і його стійкості;
- визначення середньої довжини періодичного та неперіодичного циклів.

Вказані методи описані в роботі [7].

2. Методи прогнозування рівнів та знаків приростів часових рядів.

Схема методу прогнозування рівнів часових рядів у побудованій ІСППР вказана на рис. 2. Відповідно до цієї схеми, до загальної множини моделей прогнозування включаються прості та адаптивні моделі експоненціального згладжування Брауна та Трігга-Ліча 0-го, 1-го та 2-го порядків (SESM, SAESM). Основна множина моделей формується в кожній точці на основі D-критерію. Після цього реалізуються комбіновані моделі гібридного і селективного типів за різними критеріями селекції (ACSM). Для побудови комбінованих моделей з індексацією історій часового ряду (ACSMwI), неперервно заповнюється база даних з історією і результатами прогнозування за іншими моделями. Останнім етапом є експорт результатів прогнозування для різних періодів

(середніх відносних та середньоквадратичних похибок). Детальніше про ці моделі описано в роботі [8].

Слід зазначити, що перед задаванням початкових параметрів і реалізацією моделей, експерт має провести розбиття вхідного часового ряду на три ділянки:

- відрізок ряду, на якому будуть ідентифікуватися параметри моделей прогнозування;
- відрізок ряду, на якому будуть реалізовані комбіновані моделі прогнозування;
- експериментальний відрізок для оцінювання точності моделей прогнозування.

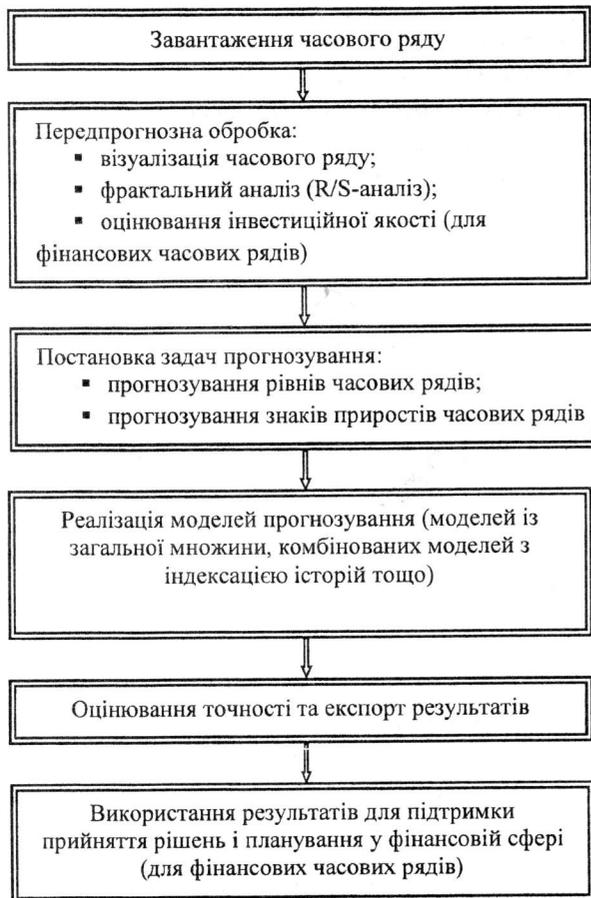


Рис. 1. Схема методу прогнозування і моделювання часових рядів, яка лежить в основі розробленої ІСППР

Схема методу прогнозування знаків приростів у ІСППР вказана на рис. 3. До загальної множини моделей для цієї постановки включаються моделі плинних середніх: SMAM (модель простої плинної середньої), WMAM (модель зваженої плинної середньої), GMAM та WGMAM (моделі геометричної та зваженої геометричної плинних середніх). Після індексації часового ряду реалізується комбінована селективна модель прогнозування знаків приростів часових рядів

з індексацією історій за методом К-найближчих сусідів на основі моделей плинних середніх. Описання цієї моделі наведено в роботі [9]. Крім того, система дозволяє робити прогноз за звичайною комбінованою селективною моделлю без попередньої індексації, моделлю Лукашина для прогнозування рядів з нестабільним характером коливань, яка описана в роботі [2] та наявною моделлю.

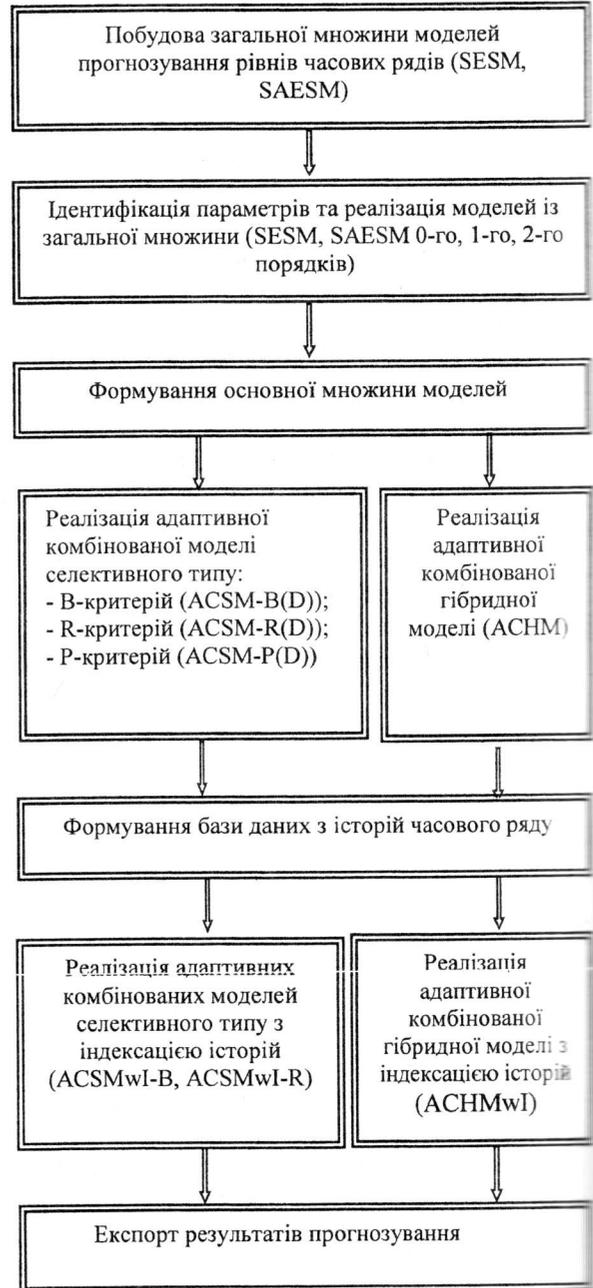


Рис. 2. Схема методу прогнозування рівнів часових рядів у ІСППР

Для цілей прогнозування пропонується використовувати комбіновані моделі з індексацією історій, оскільки вони дозволяють отримати найбільш точку оцінку майбутніх значень часових рядів з вказаним горизонтом.



Рис. 3. Схема методу прогнозування знаків приростів часових рядів у ІСППР

3. Метод ідентифікації моментів зміни тенденцій фінансового часового ряду, що використовується для побудови стратегій прийняття рішень.

Однією із функцій ІСППР є реалізація методу ідентифікації моментів зміни тенденцій на вхідному часовому рядуі, а також стратегій прийняття рішень і їх оцінювання. Залежно від постановки задачі прогнозування, експерт має можливість визначити який метод ідентифікації моментів зміни тенденцій потрібно взяти за основу. Для випадку персистентних часових рядів, у побудованій ІСППР пропонується метод ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі прогнозування рівнів часових рядів. На основі цього методу безпосередньо визначається стратегія прийняття рішень. Точки для виконання операцій визначаються на основі цього методу без втручання ОПР або за рішенням експерта. ІСППР дозволяє провести оцінювання побудованої стратегії та відібрати із запропонованих часових рядів ті, які дозволяють максимізувати дохідність даної стратегії, яка реалізована на цих часових рядах.

Крім стратегій на основі прогнозування рівнів часових рядів, у ІСППР можуть бути побудовані стратегії на основі прогнозування знаків приростів:

- на основі комбінованої моделі прогнозування знаків приростів з індексацією історій;
- на основі моделі Лукашина;
- на основі класичного підходу технічного аналізу для визначення точок розвороту як моментів перетину пари плинних середніх з різними періодами.

У розробленій ІСППР також реалізовано підхід розрахунку потенціалів вхідних часових рядів для визначення їх інвестиційної якості.

Детально про підходи, які реалізовані в рамках ІСППР описано в роботі [10].

На рис. 4 зображено інтерфейс і фрагмент роботи програми для передпрогнозного аналізу часового ряду.

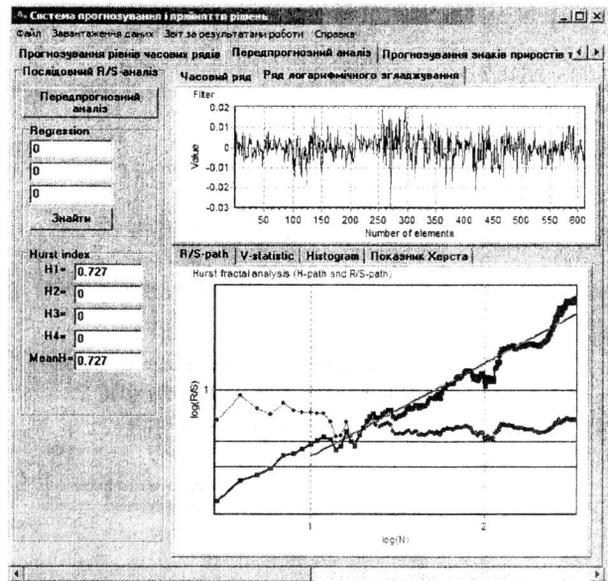


Рис. 4. Фрагмент роботи програми ІСППР

Виконання деяких слабкоструктурованих підзадач ІСППР реалізується в діалоговому режимі з експертом (рис. 5). До таких підзадач можна віднести задачу відбору прогнозних моделей до програмної множини, прийняття рішення про вхід на ринок і вихід з нього на основі методів ідентифікації моментів зміни тенденцій, вибір активів для інвестування на основі результатів передпрогнозного фрактального аналізу та методу оцінювання інвестиційної якості фінансових часових рядів тощо. Оцінка альтернатив в даних підзадачах, за наявності деякої допоміжної кількісної інформації, здійснюється, як правило, на основі суб'єктивних рішень користувача (трейдера), експерта або ОПР. Слід врахувати особливості ОПР, при розв'язанні слабкоструктурованих задач: ОПР може час від часу здійснювати помилки, що пов'язано з невеликим об'ємом її короткострокової пам'яті, задовільність її рішення мають часто локальний характер, тобто рішення може не привести до глобально «кращого» результату, оскільки ОПР, аналізуючи альтернативи, намагається мінімізувати свої затрати і застосовує прості стратегії вибору. Реалізована ІСППР покликана допомогти ОПР прийняти таке рішення, яке в результаті буде задовольняти його основну ціль.

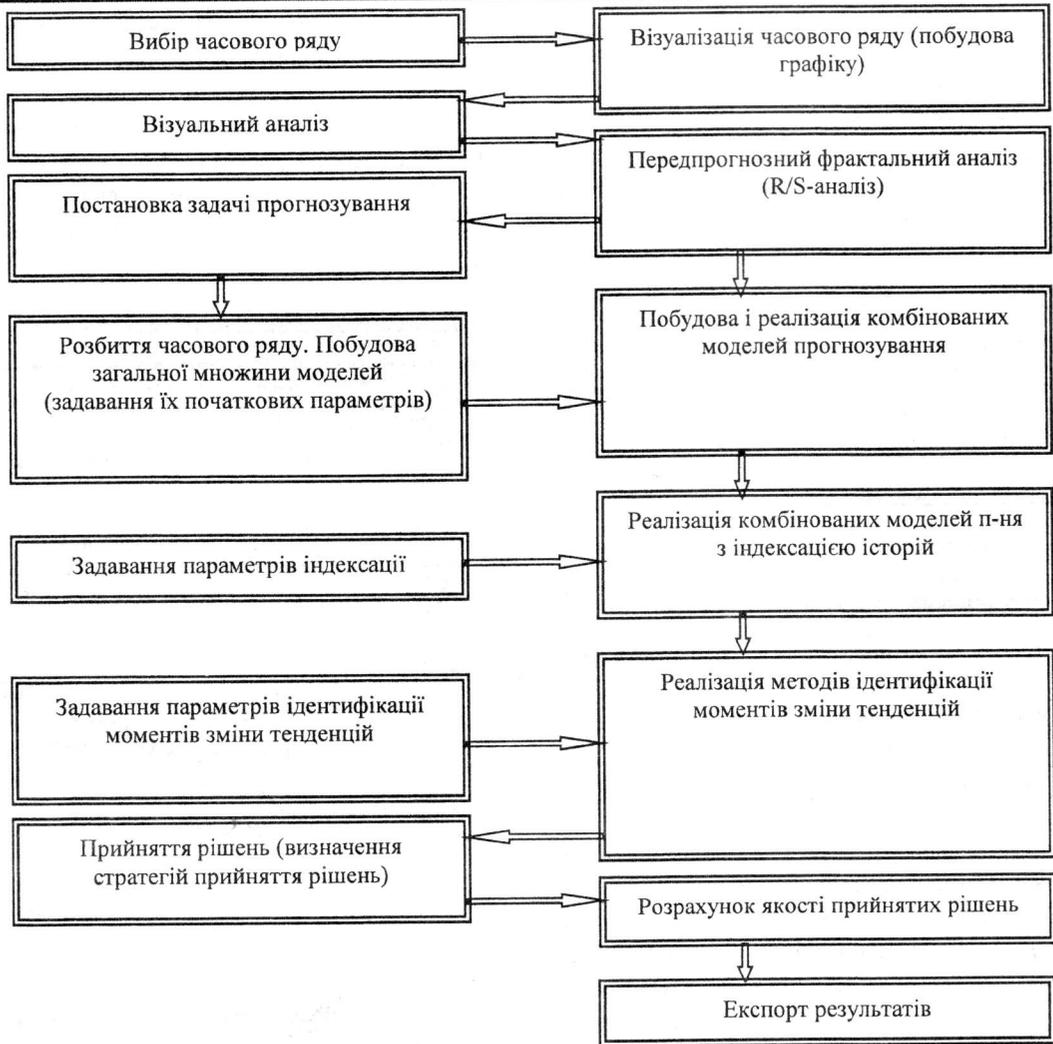


Рис. 5. Схема діалогового методу розв'язання задачі прогнозування і прийняття рішень у ІСППР. Блоки зліва виконуються експертом (ОПР), блоки справа – безпосередньо ІСППР

## Висновки

Побудована інформаційна система прогнозування і прийняття рішень може використовуватися аналітиками, трейдерами і інвесторами у різних фінансових установах. Система об'єднує в собі різні моделі прогнозування як традиційні, так і інтелектуальні для розв'язання основних задач прогнозування фінансових часових рядів. Окрім прогнозування з визначеним горизонтом, функціями ІСППР є також передпрогнозний аналіз вхідних часових рядів та оцінювання їх інвестиційної якості. Також ІСППР дає змогу будувати на вхідних рядах стратегії прийняття фінансових рішень, а також проводити їх оцінювання з метою забезпечення максимальної фінансової доходності.

ІСППР має високу адаптивну здатність, дозволяє працювати не тільки з фінансовими часовими рядами, але і з соціально-економічними, фізичними, рядами, що описують технологічні процеси тощо. Гнучкість системи визначається

завдяки адаптивності моделей прогнозування, які включаються до загальної множини, а також як результат використання комбінованих моделей з врахуванням результатів інтелектуальної обробки даних, зокрема індексації. Така властивість ІСППР є дуже важливою для роботи у фінансовій сфері, адже більшість фінансових процесів розвивається в умовах невизначеності і ризику, що значно ускладнює їх аналіз і прогнозування. ІСППР допомагає експерту (ОПР) зробити точний прогноз незалежно від структури вхідного часового ряду та прийняти оптимальне рішення, що максимізує фінансову доходність і диверсифікує ризики.

Отже, розроблена інформаційна система дозволяє підвищити точність прогнозування рівнів рівновіддалених часових рядів без пропусків на середній термін, знаків приростів на одну точку вперед рядів з нестабільним характером коливань. Методи, які впроваджені в цю систему сприяють підвищенню прибутковості вироблених стратегій прийняття рішень у фінансовій сфері.

## Список літератури

1. Fernández-Rodríguez, F. Nearest-Neighbour Predictions in Foreign Exchange Markets / F. Fernández-Rodríguez, S. Sosvilla-Rivero, J. Andrada-Félix // *Fundacion de Estudios de Economia Aplicada*. – 2002. – no.5. – 36 p.
2. Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учеб. Пособие / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
3. Box, G.E.P., Jenkins, G.M., *Time series analysis: forecasting and control* / G. Box, G. Jenkins. – San Francisco: Holden-Day, 1976. – 575 p.
4. Singh, S. *Pattern Modeling in Time-Series Forecasting* / S. Singh // *Cybernetics and Systems. An International Journal*. – 2000. – Vol. 31, no. 1. – P. 49-65.
5. Vercellis, C. *Business intelligence: data mining and optimization for decision making* / C. Vercellis. – Cornwall: John Wiley & Sons Ltd. Publication, 2009. – 417 p.
6. Peters, E. E. *Fractal market analysis: applying chaos theory to investment and economic* / E. Peters. – John Wiley & Sons, Inc, 1994. – 336 p.
7. Берзлев, О.Ю. Методика передпрогнозного фрактального аналізу часових рядів / О.Ю. Берзлев // *Управління розвитком складних систем, КНУБА*. – 2013. – Вип. 16. – С. 76-81.
8. Берзлев, А.Ю. Разработка комбинированных моделей прогнозирования с кластеризацией временных рядов по методу ближайшего соседа / А.Ю. Берзлев // *Автоматизированные системы управления и приборы автоматики, Харьковский национальный университет радиоэлектроники*. – 2012. – Вып. 161. – С. 51-59.
9. Берзлев, О.Ю. Метод прогнозування знаків проростів часових рядів / О.Ю. Берзлев // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2013. – Вип. 2/4, ном. 62. – С. 8-11.
10. Берзлев, О.Ю. Методи ідентифікації моментів зміни тенденцій часового ряду для вироблення стратегій прийняття рішень на фінансовому ринку / О.Ю. Берзлев // *Системы обработки информации*. – 2013. – Вип. 9(116). – С. 194-199.
11. Берзлев, О.Ю. Сучасний стан інформаційних систем прогнозування часових рядів / О.Ю. Берзлев // *Управління розвитком складних систем, КНУБА*. – 2013. – Вип. 13. – С. 78-82.

## References

1. Fernández-Rodríguez, F. Sosvilla-Rivero, S. Andrada-Félix, J. (2002). Nearest-Neighbour Predictions in Foreign Exchange Markets. *Fundacion de Estudios de Economia Aplicada*, no.5, 36 p.
2. Lukashin, Yu. P. (2003) *Adaptive methods of near-term time series forecasting*. Moscow: Finance and Statistics. 416 p.
3. Box G.E.P. Jenkins, G.M. (1976). *Time series analysis: forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 575 p.
4. Singh, S. (2000) *Pattern Modeling in Time-Series Forecasting*. *Cybernetics and Systems. An International Journal*. Vol. 31, no. 1. P. 49-65.
5. Vercellis, C. (2009). *Business intelligence: data mining and optimization for decision making*. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 417 p.
6. Peters, E. E. (1994) *Fractal market analysis: applying chaos theory to investment and economics*. John Wiley & Sons, Inc, 336 p.
7. Berzlev, A. (2013) *Methods of pre-forecasting fractal time series analysis. Management of development of difficult systems*, Kyiv, Ukraine: KNUCA, 16, P. 76-81.
8. Berzlev, A. (2012) *Development of combined forecasting models from time series clustering method for nearest neighbor*. *Management Information System and Devices*, 161, P. 51-59
9. Berzlev, A. (2013) *A method of increments sings forecasting of time series*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/4, 62. P. 8-11.
10. Berzlev, A. (2013) *Method of identification of the time series moments of trends variation for decision strategies on the financial market*. *Systems of information processing*, 9(116), P. 194-199.
11. Berzlev, A. (2013) *The current state of information systems of time series forecasting. Management of development of difficult systems*, Kyiv, Ukraine: KNUCA, 13, P. 78-82.

Стаття надійшла до редколегії 28.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Й.Г. Головач, Ужгородський національний університет, Ужгород.