

О.В. Воробйов¹, П.О. Воробйов²¹ Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків² Харківський національний економічний університет, Харків

ВДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ФРАКТАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

В статті проведено аналіз методів прогнозування, показано, що в більшості методів прогнозується тенденція в майбутньому в той час, коли найважливішим є короточасне прогнозування, а саме прогнозування екстремумів, а не тренду, показано, що більшість методів не придатні до формалізації і програмної реалізації в реальному часі для засобів автоматизації та не враховують властивості самоподібності фрактальних процесів, запропоновано вдосконалений метод прогнозування фрактальних процесів.

Ключові слова: прогнозування, режим реального часу, властивості самоподібності.

Вступ

Постановка завдання у загальному вигляді та його зв'язок із практичними заходами. Соціально-економічні, екологічні, кліматичні процеси, які відбуваються останнім часом в світі, і які призводили до обвалу фондових ринків, погіршення економічної ситуації майже у всіх країнах світу, до екологічних катастроф та певних проблем в забезпеченні життєдіяльності населених пунктів і державних установ через непередбачену зміну кліматичних умов, призвели до необхідності ретельного розгляду цих проблем в системі забезпечення державної безпеки [1].

Зважаючи на те, що цивілізований світ має високотехнологічну основу управління майже всіма процесами, сьогодні будується на основі вимоги "в режимі реального часу". Саме тому в останні десятиріччя велика увага в сфері управління приділяється автоматизованим системам управління (АСУ) та системам підтримки прийняття рішень (СППР).

Ставши надбанням суб'єктів управління і планування, прогнози активно впливають на сьогодення, допомагають запобігати або зводити до мінімуму небажані наслідки розвитку тих чи інших процесів у майбутньому. В останні часи велика увага в науковому світі приділяється процесам, які мають властивості самоподібності і розглядаються в теорії фракталів. Часто традиційні моделі таких процесів не в повній мірі адекватно відображають їх статистичні характеристики і це призводить до помилок прогнозування [2]. Крім того, традиційно період упередження прогнозу розглядався без врахування вимоги "в режимі реального часу", згідно якої він становить секунди, що можливо лише із застосування автоматизації прогнозування, що обумовлює **актуальність даної статті**.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання передбачення турбувало людину з давньої пори. З розвитком науки одним з основним напрямків стало наукове передбачення, або прогнозування і

цікавість до нього зростало в міру суспільного прогресу, що обумовлено постійним ускладненням процесів суспільного життя в умовах науково технічного розвитку, розширенням і масштабами прогнозної діяльності, кількісною і якісною різноманітністю об'єктів прогнозування [3].

На сьогоднішній час, якщо спробувати розглянути всі методи прогнозування, які знайшли відображення у науковій літературі, нараховують близько двохсот методів. Однак більшість з них можливо віднести лише до окремих прийомів і процедур прогнозування. Чисельність базових, або загально визнаних методів значно менше і нараховує десятки. В літературі зустрічаються декілька класифікацій методів прогнозування, і кожна з цих класифікацій, скоріш за все, будувалась під вирішення конкретних задач, або проблем. З різноманітності методів більшість або передбачає відносно великої витрати часу на підготовку даних і на сам процес прогнозування, що не вкладається в вимогу щодо реального часу, або за неможливістю формалізації не може бути реалізований програмно, або результатом прогнозування є екстраполяція довгочасної тенденції середніх значень (тренду) показника, що прогнозується [4].

Тому **метою статті** є розробка метода прогнозування фрактальних процесів в режимі реального часу для систем підтримки прийняття рішень.

Викладення основного матеріалу

З огляду на визначену мету досліджень найбільш приємною є наступна класифікація за ступенем формалізації:

1) інтуїтивні методи:

- а) методи індивідуальних експертних оцінок;
- б) методи колективних експертних оцінок;

2) формалізовані методи:

а) екстраполяційні методи: метод найменших квадратів; метод експоненційного згладжування; метод середнього ковзного; метод зваженого середнього ковзного; метод ймовірнісного моделювання; метод адаптаційного згладжування;

б) системно-структурні методи: методи функціонально-ієрархічного моделювання; метод морфологічного аналізу; матричний метод; метод мережного моделювання; метод структурної аналогії;

в) асоціативні методи: методи імітаційного моделювання; методи історійко-логічного аналізу; методи нейронних мереж;

г) методи інформації упередження: методи аналізу публікацій; методи аналізу значущості винаходів; методи аналізу патентної інформації;

3) математичні моделі і методи: факторний аналіз; спектральний аналіз; методи інтерполяції; та інші методи, які являють собою композицію базових методів [5].

Аналіз базових методів прогнозування вказує на те, що для програмної реалізації в системах реального часу найбільш придатні формалізовані, екстраполяційні методи. Це обумовлено тим, що в інших методах формалізація даних про об'єкт прогнозування або неможлива, або громіздка. Однак і в формалізованих методах є низка недоліків, які роблять неможливими їх застосування, виходячи з мети досліджень. Основними недоліками цих методів є:

- гіпотеза про кінцеву дисперсію;
- великий період упередження;
- вихідними даними прогнозування є тренд.

Саме для усунення цих недоліків пропонується розробка методу, який враховував би фрактальні властивості об'єкту прогнозування, давав змогу прогнозування сезонних коливань, мав можливість бути втіленим в програмній реалізації методу в АСУ і мав мінімальний період упередження прогнозування і найбільш придатним аналогом вважається метод, описаний в [6].

Даний метод можливо віднести до статистичних методів прогнозування, де, як і в екстраполяційних методах, основою для прогнозування є інформація про динамічний ряд в певному минулому періоді. Однак, на відміну від екстраполяційних методів розраховуються відносні частоти попадання його значень в фіксовані інтервали $L_j, j \in \overline{1, m}$, (m – кількість рівнів квантування розмаху змінної об'єкту прогнозування), які розглядаються як умовні ймовірності попадання в зазначені інтервали в момент часу $t_{i+1}, i = \overline{1, n}$, (n – обсяг вибірки, яка складає період заснування прогнозу) в залежності від того в якому інтервалі $L_j, j \in \overline{1, m}$ було його значення в момент часу $t_i, i = \overline{1, n}$. По даним цієї статистики прогнозується значення змінної об'єкту прогнозування в ближньому періоді упередження прогнозу.

Недоліками цього методу є те, що в ньому пропонується для прогнозування значення змінної збір статистики про умовні ймовірності попадання в зазначені інтервали $L_j, j \in \overline{1, m}$ в момент часу t_{i+1} ,

$i = \overline{1, n}$, в залежності від того в якому інтервалі $L_j, j \in \overline{1, m}$ було його значення в момент часу $t_i, i = \overline{1, n}$

по фіксованим моментам часу і не визначено, яким чином встановлюється період упередження прогнозу. Крім того, в методі визначається лише інтервал $L_j, j \in \overline{1, m}$. Тобто не визначено, верхня чи нижня межа інтервалу є критичною. Наприклад, якщо змінною об'єкта прогнозування є інтенсивність інформаційних потоків на вузлі мультисервісної телекомунікаційної системи, то для забезпечення якості зв'язку більш цікавим є визначення верхньої межі інтервалу $L_j, j \in \overline{1, m}$, по якому слід встановити пропускну спроможність з метою недопущення перевантаження. Якщо змінною об'єкта прогнозування є коштовність цінних паперів, або іноземних валют на фондовому ринку, то в залежності від сутності фінансових операцій цікавими можуть бути як нижня так і верхня межа, або обидві межі разом. Ще одним важливим недоліком є невизначеність, яким чином об'єкт прогнозування ідентифікується як фрактальний процес.

Пропонується вдосконалення описаного методу за рахунок введення процедури ідентифікації об'єкту прогнозування і введення фіксованого значення періоду упередження прогнозу (в залежності від об'єкту прогнозування). Існують декілька способів, або процедур ідентифікації фрактальних процесів: R/S-статистика, по спаданню коефіцієнта автокореляції, по спаданню дисперсії та ін. Найбільш придатним в рамках задачі є спосіб, заснований на аналізі дисперсії, який добре формалізується і втілюється за допомогою програмних засобів. Якщо об'єкт прогнозування має фрактальну природу, застосовується запропонований метод прогнозування, якщо ні, то застосовуються існуючі методи.

Щодо визначення періоду упередження пропонується здійснювати аналіз статистичних даних про умовні ймовірності попадання в зазначені інтервали не в момент часу $t_{i+1}, i = \overline{1, n}$, а на інтервалі $\Delta t_{i+1}, i = \overline{1, n}$, в залежності від того в якому інтервалі $L_j, j \in \overline{1, m}$ було значення в момент часу $\Delta t_i, i = \overline{1, n}$.

Пропонується Δt прийняти за період упередження прогнозування, виходячи з правила $T \gg \Delta t \geq t_x$, де T – період заснування прогнозу, t_x – період еволюції змінної об'єкту прогнозування.

Математична постановка задачі має наступний вигляд. Нехай фрактальний процес представлений у вигляді часового ряду, в якому кожному моменту часу відповідає випадкове значення змінної об'єкту прогнозування.

Прогнозування часових рядів полягає в побудові моделі для прогнозу майбутніх подій, ґрунтуючись на відомих подіях минулого (ретроспекція). Нехай

$Y = y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)$ – змінна об'єкту прогнозування, в послідовні моменти часу t_1, t_2, \dots, t_n , тоді задача прогнозування полягає в такому прогнозі:

$$Y_{\Delta t} \rightarrow Y_{\Delta t_1}, Y_{\Delta t_2}, \dots, Y_{\Delta t_n} \xrightarrow{F} \max(\min) Y_{\Delta t_{n+1}},$$

$$\begin{cases} T \gg \Delta t \geq t_y; \\ \sum_{j=1}^m L_j = y_{\max}, \end{cases}$$

де $Y_{\Delta t_i}$ – значення змінної об'єкту прогнозування на інтервалі Δt_i ; Δt_i – період упередження прогнозування; F – функціональний перетворювач, який являє собою ймовірнісну модель – матрицю відносних частот, які можуть розглядатися як умовні ймовірності попадання змінної об'єкту прогнозування Y в інтервал $L_j, j \in \overline{1, m}$ в часовому інтервалі $\Delta t_{i+1}, i \in \overline{1, n}$, в залежності від того, в якому інтервалі $L_j, j \in \overline{1, m}$ було його значення в на інтервалі часу $\Delta t_i, i \in \overline{1, n}$ [8].

Після визначення інтервалу $L_j, j \in \overline{1, m}$ його верхня або нижня межа (в залежності від задачі, що розв'язується за допомогою прогнозування) встановлюється як значення змінної об'єкту прогнозування Y . Логічно, що чим більше m – кількість рівнів квантування розмаху змінної об'єкту прогнозування, тим ближче значення Y до свого дійсного значення. Таким чином, вдосконалений метод прогнозування включає наступні процедури.

1. Процедуру ідентифікації фрактальності об'єкту прогнозування на періоді заснування прогнозу T .
2. Процедуру прогнозування змінної об'єкту прогнозування, на основі ймовірнісної моделі.
3. Повторну процедуру ідентифікації фрактальності об'єкту прогнозування на періоді заснування прогнозу T зі здвигом на Δt .

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

О.В. Воробьев, П.О. Воробьев

В статье проведен анализ методов прогнозирования, показано, что в большинстве методов прогнозируется тенденция в будущем, в то время, когда более важным является кратковременное прогнозирование, а именно прогнозирование экстремумов, а не тренда, показано, что большинство методов плохо формализуются и сложно реализуются программно в режиме реального времени для средств автоматизации и не учитывают свойства самоподобия фрактальных процессов, предложен усовершенствованный метод прогнозирования фрактальных процессов.

Ключевые слова: прогнозирование, режим реального времени, свойства самоподобия.

THE METHOD OF FORECASTING FRACTAL OF PROCESSES FOR SYSTEMS OF SUPPORT DECISION-MAKING

O.V. Vorobiow, P.O. Vorobiow

In article the analysis of methods of forecasting is carried out, is shown that in the majority of methods forecasting of seasonal fluctuations, instead of a trend is predicted tendency in the future when more important is short-term forecasting, namely, shown that the majority of methods are badly formalized i difficult realized program in a mode of real time for means of automation and don't consider property of self-similitude fractal processes, the advanced method of forecasting fractal processes is offered.

Keywords: forecasting, a mode of real time, property of self-similitude.

Висновки

Таким чином, запропоновано вдосконалений метод прогнозування фрактальних процесів, який на відміну від аналога враховує властивості самоподібності, і в якому визначений спосіб ідентифікації цих властивостей. В запропонованому методі також визначається період упередження прогнозу, що важливо при його програмній реалізації. Подальшими напрямками дослідження є: отримання аналітичного виразу для чисельного показника величини періоду упередження прогнозування, а також для оптимальної кількості рівнів квантування розмаху змінної об'єкту прогнозування, розробка програмного продукту запропонованого методу і його апробація на фрактальних процесах різної природи.

Список літератури

1. Кортунов С.В. *Мировая военно-политическая ситуация. Год 2025 [Электронный ресурс] / Кортунов С.В. 2010. – Режим доступа до ресурсу: www.interaffairs.ru.*
2. Буданов П.Ф. *Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов / П.Ф. Буданов, О.С. Васильев, Г.М. Доля, В.К. Иванов, С.Е. Кальной, Г.А. Кучук; под ред. Р.Э. Пащенко. – Х.: ЭкоПерспектива, 2006. – 347 с.*
3. Бестужев-Лада И.В. *Рабочая книга по прогнозированию / И.В. Бестужев-Лада, С.А. Саркисян, Э.С. Минев, Е.Н. Мельникова. – М.: Мысль, 1982. – 428 с.*
4. Лиховидов В.Н. *Фундаментальный анализ мировых валютных рынков: методы прогнозирования и принятия решений / В.Н. Лиховидов. – Владивосток, 1999. – 234 с.*
5. Кузык Б.Н. *Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование / Б.Н. Кузык. – М.: Экономика, 2010. – 620 с.*
6. Шелухин О.И. *Фрактальные процессы в телекоммуникациях / О.И. Шелухин. – М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.*
7. Воробьев О.В. *Метод перерозподілу обчислювального ресурсу критичної ділянки мережі передачі даних АСУ / О.В. Воробьев // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ІС, 2007. – Вип. 5 (63). – С. 26-35.*

Надійшла до редколегії 15.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Більчук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків