

УДК 004.7

О.В. Воробйов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ЙМОВІРНІСНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

В статті проведено аналіз методів прогнозування, показано, що в більшості методів прогнозується тенденція в майбутньому в той час, коли найважливішим є короткочасне 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, властивість самоподібності.

Вступ

Постановка задачі і її актуальність. Сьогодення характерне тим, що цивілізований світ має високотехнологічну основу управління майже всіма процесами сьогодні будується на основі вимоги "в режимі реального часу". Для систем, спрямованих на управління техногенними процесами, та зброєю і військами ця вимога є майже вимогою забезпечення існування. Саме тому в останні десятиріччя велика увага в сфері управління приділяється саме питанням забезпечення оперативності та своєчасності отримання даних. Одним з напрямків в цьому при створенні автоматизованих систем управління (АСУ) є розробка методів уникнення або зменшення наслідків перевантажень в мультисервісних мережах. А одним з важливих етапів реалізації цих методів є прогнозування навантажень [1]. Процес побудови прогнозів активно впливають на сьогодення, допомагають запобігати або зводити до мінімуму небажані наслідки розвитку тих чи інших процесів у майбутньому, але все частіше прогностика, притаманна для соціальних та економічних процесів використовується в побудові технічних систем. 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. З розвитком науки одним з основним напрямків стало наукове передбачення, або прогнозування і цікавість до нього зростала в міру суспільного прогресу, що обумовлено постійним ускладненням процесів суспільного життя в умовах науково технічного розви-

тку, розширенням і масштабами прогностичної діяльності, кількісною і якісною різноманітністю об'єктів прогнозування [3].

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].

Саме тому **метою статті** є розробка метода прогнозування фрактальних процесів в режимі реального часу для прогнозування перевантажень в мультисервісних мережах.

Викладення основного матеріалу

Враховуючі мету досліджень найбільш прийнятною на сьогодні є наступна класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації:

– інтуїтивні методи: (методи індивідуальних експертних оцінок; методи колективних експертних оцінок);

– формалізовані методи: (**екстраполяційні методи:** метод найменших квадратів; метод експоненційного згладжування; метод середнього ковзного; метод зваженого середнього ковзного; метод ймовірного моделювання; метод адаптаційного згладжування; **системно-структурні методи:** методи функціонально-ієрархічного моделювання; метод морфологічного аналізу; матричний метод; метод мереж-

ного моделювання; метод структурної аналогії; **асоціативні методи:** методи імітаційного моделювання; методи історико-логічного аналізу; методи нейронних мереж; **методи інформації упередження:** методи аналізу публікацій; методи аналізу значущості винаходів; методи аналізу патентної інформації; **математичні моделі і методи:** факторний аналіз; спектральний аналіз; методи інтерполяції;

– інші методи, які являють собою композицію базових методів [5].

Детальний 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 громізка. 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 на 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 його 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 ґрунтую-

чись 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 прогнозі

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

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

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 складається 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. Повторна процедура ідентифікації фрактальності об'єкту прогнозування на періоді заснування прогнозу T зі здвигом на Δt .

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. Ще одним напрямком подальших досліджень є вдосконалення методу за рахунок введення другого рівня прогнозування – часу наступу можливого перевантаження. Цей метод не зможе визначити приблизну величину навантаження, але, що найбільш важливо – допоможе визначити час наступу перевантаження будь-якої величини.

Список літератури

1. Кортунів С.В. Мировая военно-политическая ситуация. Год 2025 [Електронний ресурс] / С.В. Кортунів. – Режим доступу: www.interaffairs.ru.
2. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов / Под ред. Р.Э. Пащенко. – Х.: ЭкоПерспектива, 2006. – 347 с.
3. Рабочая книга по прогнозированию / И.В. Бестужев-Лада, С.А. Саркисян, Э.С. Минаев, 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.

Надійшла до редколегії 3.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРЕГРУЗОК В МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ

О.В. 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.

PROBABILISTIC FORECASTING METHOD OVERLOADING IN MLETSERVICE NETWORK

O.V. 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.