

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Робота присвячена проблемі вибору ефективних методів прогнозування в інфокомунікаційних мережах та основним обчислювальним аспектам, що лежать в їх основі. Проаналізовано переваги і недоліки найбільш використовуваних методів прогнозування. Представлені характеристики дозволяють застосувати найбільш відповідний метод прогнозування для кожного конкретного випадку побудови системи управління.

**Ключові слова:** інфокомунікаційна мережа, метод прогнозування, система управління, трафік.

Побудова системи управління (СУ) сучасними інфокомунікаційними мережами вимагає вирішення завдань прогностичного контролю. Такий контроль дозволяє підтримувати якість обслуговування – Quality of Service на заданому рівні, оскільки реакція системи на відмову призводить до значних економічних втрат. Одним з початкових завдань прогностичного контролю є аналіз і розробка методик прогнозування, застосованих для вирішення завдання ефективного управління інфокомунікаційною мережею. У процесі планування інфокомунікаційних мереж використовуються різні методи. Вибір методу здійснюється з урахуванням поставленої задачі, характеру розглянутого процесу і доступної статистичної інформації.

Необхідність прогнозування зумовлена ще й тим, що воно здійснюється безперервно в міру надходження нової інформації і дає обґрунтовані оцінки шляхів розвитку керованого об'єкту. Удосконалення СУ зумовлюється глобальними структурними змінами у галузі та економіці, новими тенденціями та пріоритетами в мережних технологіях, інформаційній діяльності, зростанням впливу цифрових інфокомунікаційних технологій на діяльність галузі у цілому та системи управління, у тому числі.

Так як параметри СУ динамічно змінюються в часі, то ймовірні відхилення в значеннях досліджуваних параметрів. Відхилення можуть свідчити про наявність проблем з продуктивністю мережі, збоїв в роботі апаратного або програмного забезпечення. Завдання полягає в тому, щоб автоматично ідентифікувати поведінку параметрів СУ відповідно до еталонних значень. Як тільки така поведінка ідентифікована, система моніторингу повинна автоматично згенерувати повідомлення, щоб привернути увагу оператора до потенційної проблеми. Але використання такого способу не дозволяє виявити зміни в поведінці мережі в режимі реального часу і, як наслідок, забезпечує низьку ймовірність визначення збою системи. Тому застосування методів прогнозування в інфокомунікаційних мережах є особливо актуальною задачею у кризових надзвичайних ситуаціях.

Для пропускнув здатності мережі, переліку підтримуваних нею послуг і показників якості обслуговування дуже важливо, з практичної точки зору, отримати два види прогностичних оцінок. По-перше, оператор повинен знати короткостроковий прогноз на найближчі роки. По-друге, для розробки розумної технічної політики оператору необхідний також і довгостроковий прогноз на десять-п'ятнадцять років, тобто на період терміну служби складних видів телекомунікаційного устаткування.

Тому альтернативним способом уникнення відмов у системі – є використання методів прогнозування. Причому, з точки зору управління інфокомунікаційними мережами, довгострокові прогнози (на кілька тижнів або місяців) не становлять практичного інтересу. Найбільшу практичну цінність представляють короткострокові прогнози, що враховують поточний стан мережі.

Аналіз наукової та технічної літератури [1-3] показує, що в даний час з урахуванням різноманіття використовуваних технологій передачі даних у інфокомунікаційних мережах проблема ефективного прогностичного контролю в повній мірі не вирішена, зокрема відсутні математичні моделі факторів, які б дозволяли вирішувати завдання їх прогнозування з

необхідною точністю і дозволяли визначати не спостережувані параметри на основі вимірювання спостережуваних параметрів системи управління.

Методи прогнозування, як і самі прогнози, можна класифікувати за різними ознаками. Наприклад, в залежності від джерел інформації технології її обробки і одержуваних результатів, всі методи прогнозування поділяються на дві великі групи: фактографічні методи та евристичні методи. Евристичні методи в свою чергу поділяються на дві групи інтуїтивні та аналітичні методи прогнозування. До інтуїтивних методів відноситься метод експертної оцінки, який використовується у разі відсутності достатньої статистичної інформації. Аналітичні методи: метод морфологічного аналізу, метод побудови «дерева цілей», метод оптимізації.

Запропонований поділ методів прогнозування певною мірою є умовним. На практиці всі ці методи можуть використовуватися одночасно і доповнювати один одного, оскільки в ряді випадків жоден з них окремо не може забезпечити необхідний рівень достовірності і точності прогнозу, але, використані у певному поєднанні, вони виявляються досить ефективними.

Формалізовані методи прогнозування ефективні в тих випадках, коли добре відома передісторія досліджуваного процесу. В даний час більшість прогнозів здійснюється за допомогою методів екстраполяції та експертних оцінок. Кожен з цих двох методів реалізується різними способами, вибір яких залежить від досліджуваного процесу і поставленого завдання.

Прогнозування мережевого трафіку становить інтерес в таких областях: відстеження перевантажень в мережі, контроль потоків даних, мережеве управління. Ретельно підібрана модель трафіку здатна виявити і передбачити найважливіші характеристики мережевого трафіку, такі як короткочасно і довготривало залежні процеси, самоподібні на великих часових масштабах. Для прогнозування моделі інформаційного трафіку необхідно використати, кілька методів прогнозування та порівняти отримані результати. За оцінкою спеціалістів, нараховується більш ніж 150 методів прогнозування, хоча на практиці використовується набагато менше. Найбільш використовувані методи прогнозування представлені в таблиці 1.

Для інфокомунікаційної мережі задачі прогнозування істотно ускладнюються. Ускладнення розробки прогнозів, крім проблем з достовірністю необхідної статистичної інформації, пояснюється тим, що деякі види нових послуг настільки специфічні, що для їх прогнозування дуже складно підібрати адекватні аналоги.

Таблиця 1

Найбільш використовувані методи прогнозування

Метод	Суть методу	Переваги	Проблеми
Фактографічні методи	Базуються на фактичних даних.	Оцінка перспективної потреби мережі в різного виду ресурсах на основі минулих даних за допомогою математичних і статистичних методів	Необхідна достатня структуризація проблеми.

а) статистичний прогноз	Це статистичний опис майбутніх значень досліджуваного показника (змінної). Основні методи: екстраполяція і інтерполяція; математична статистика, аналітичне моделювання.	Доступність даних, розвинений математичний апарат, має найбільш потужне програмне забезпечення, до якого входять такі відомі прикладні програми, як Excel, Statgraphics, Stadia, MathCad та інші.	Дає короткостроковий прогноз, не володіють високою достовірністю і стійкістю, використовує усереднене значення параметрів, згладжуючи сплескові значення.
б) аналіз часових рядів	Інформаційна база, на якій ґрунтується метод – це дані про значення деякого параметра ( $x_i$ ) відповідні моменти часу. Для аналізу використовують методи: плинної середньої; екстраполяції тренду.	Невисокі витрати, швидке отримання даних, попередня інформація дає можливість визначення тенденції розвитку процесу.	Не враховує втручання ззовні в процес, прогнозування неприпустиме в разі настання стрибкоподібних, катастрофічних змін параметру.
в) регресійний аналіз	Метод визначення напряму і сили зв'язку між ефективністю надання послуг і комплексу відповідних мережевих параметрів.	Невисокі витрати. Взаємозалежність незалежних змінних.	Незів'язність даних, суб'єктивність кількісних оцінок ресурсних ризиків.
Евристичні методи	Здійснення прогнозних розробок за допомогою логічних прийомів	Підходить для комплексних проблем, що погано структуруються	Обмежена об'єктивність і надійність
а) метод експертних оцінок	Анонімний досвід незалежних експертів протягом декількох турів і отримання групової оцінки досліджуваного процесу системи ресурсного забезпечення мережі	Використовується у разі відсутності достатньої статистичної інформації.	Негнучка методика, висока потреба в часі, тенденція до консервативних оцінок, технічні зміни особливо непередбачувані.

Розглянемо короткострокові алгоритми прогнозування значень високошвидкісного трафіку з допомогою простих моделей: ковзаючих середніх та ряду моделей експоненціального згладжування.

В моделі простих ковзаючих середніх  $n$  попередніх значень беруть участь у прогнозуванні. Цей метод дозволяє згладити випадкові і періодичні коливання, виявити тенденцію розвитку процесу. Прогнозоване значення задається формулою:

$$\hat{Y}_{n+1} = \frac{\sum_{i=n-d+1}^n X_i}{d},$$

де  $\hat{Y}_{n+1}$  - прогнозоване значення,  $d$  – активна ділянка згладжування.

В моделі зважених ковзаючих середніх використовується зважене середнє попередніх значень для побудови прогнозованого значення

$$\hat{Y}_{n+1} = \frac{\sum_{i=n-d+1}^n Y_i \omega_i}{\sum_{i=n-d+1}^n \omega_i},$$

де  $\omega_i$  - вагові коефіцієнти, сума яких не більше одиниці.

Дані моделі не захищені від випадкових коливань та не враховують сезонні коливання і тенденції, мають не високу точність [3].

В методі простого експоненціального згладжування, прогнозоване значення основане на попередньому значенні часового ряду і попередньому значення експоненціальної середньої

$$\hat{Y}_{n+1} = \alpha Y_n + (1 - \alpha) \hat{Y}_n,$$

де  $\hat{Y}_n$  - значення експоненціальної середньої,  $\alpha$  - параметр згладжування  $0 < \alpha < 1$ .

В моделі Хольта враховується лінійна тенденція:

$$\hat{Y}_{n+1} = \hat{a}_{1,n+1} + \hat{a}_{2,n+1} \tau, \quad \hat{a}_{1,n+1} = \alpha_1 Y_1 + (1 - \alpha_1)(\hat{a}_{1,n} + \hat{a}_{2,n}), \quad \hat{a}_{2,n+1} = \alpha_2 (\hat{a}_{1,n+1} - \hat{a}_{2,n}) + (1 - \alpha_2) \hat{a}_{2,n},$$

де  $\tau$  - час попередження прогнозу.

В поліноміальній моделі другого порядку припускається, що тренд деякого процесу може бути описаний поліномом другого порядку

$$\hat{Y}_{n+1} = \hat{a}_{1,n+1} + \hat{a}_{2,n+1} \tau + \frac{1}{2} \tau^2 + \hat{a}_{3,n+1},$$

де  $\hat{a}_{1,n+1} = 3(S_{n+1}^{(1)} - S_{n+1}^{(2)}) + S_{n+1}^{(3)}$ .

Останні дослідження властивостей інформаційних потоків в мультисервісних системах показали, що використання моделей самоподібних процесів (самоподібних потоків) дозволяє більш точно описувати трафік, що передається в даних системах.

При подальшому дослідженні статистичних властивостей інформаційних потоків визначено, що трафік в різнорідних мережах є нестационарним випадковим процесом (як по своєму середньому значенню так і по дисперсії) [1].

Фрактальний аналіз, на основі теорії самоподібних процесів та властивостей потоків у існуючих мережах, дозволяє здійснювати прогнозування трафіку у мультисервісних мережах.

Інструментарій було розроблено в процесі розвитку дослідження нелінійних систем. Даний метод дозволяє підвищити точність оцінювання та прогнозування. Це дає можливість використання його при короткостроковому прогнозуванні, прогнозування в режимі реального часу, а також проектуванні не тільки глобальних, а й локальних мереж.

Проте в життєвому циклі системи управління існують періоди порівняно повільних еволюційних змін і періоди стрибкоподібної зміни стану. Будь-яких універсальних формальних правил надійного прогнозування стрибкоподібних змін стану систем в даний час не існує. Проте у ряді випадків для прогнозування таких змін використовуються модель теорії катастроф.

Знаючи зовнішні умови та впливи СУ, а також закони управління системи теорія катастроф дозволяє передбачити подальший шлях розвитку системи. Методи даної теорії дозволяють параметрам системи змінюватися лише у достатньо обмежених границях. І ці границі, у багатьох випадках, можливо визначити заздалегідь, тобто спрогнозувати. Для