

УДК 519.218.82(045)

Андрєєв О.В., к.т.н.,  
Андрєєв В.І., к.т.н.

## СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІРОГІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАФІКУ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НА ФОНІ ЗАВАД В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Національного авіаційного університету

[alexandr\\_andr@mail.ru](mailto:alexandr_andr@mail.ru)

*Запропоновано новий спосіб екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж, який базується на методі двопараметричної оптимальної екстраполяції, що використовує два попередні дискретні значення характеристик трафіку, та по їх значенням виконує оптимальну екстраполяцію для третього моменту часу в майбутньому*

**Ключові слова:** екстраполяція, трафік локальних комп'ютерних мереж

### **Вступ**

Комп'ютерні мережі отримали в наш час широке застосування в різних галузях людської діяльності. Вирішення задач прогнозування, або екстраполяції характеристик трафіку комп'ютерних мереж займають важливе місце в управлінні комп'ютерних мереж та забезпеченні їх працездатності та ефективності роботи.

Вирішення задач екстраполяції випадкових процесів, до яких відноситься і трафік комп'ютерних мереж, займають важливе місце як в теорії випадкових процесів, так і в практичному використанні цієї теорії в рішеннях практичних задач надійності, діагностиці, контролю якості, обробці сигналів на тлі завад та інших задач в різних галузях науки та техніки. На сьогоднішній день найбільш повно вивчені задачі екстраполяції випадкових стаціонарних процесів без завад, також існують практичні результати екстраполяції цих процесів на тлі стаціонарних завад.

Недостатньо вивченими залишаються задачі екстраполяції випадкових нестаціонарних сигналів (ВНС) на тлі стаціонарних та нестаціонарних завад. В той же час саме ці задачі найбільш актуальні в різноманітних галузях науки та техніки, таких як контроль працездатності комп'ютерних мереж, обробка звукових сигналів на тлі завад, та багатьох інших.

Окремі результати по вирішенню цих задач поки що не отримали практичного використання через свою складність.

Для вирішення цієї задачі було запропоновано методи експериментального дослідження та оптимальної екстраполяції характеристик трафіку локальної комп'ютерної мережі з застосуванням методів однопараметричної та двопараметричної оптимальної екстраполяції [1,2,4].

За допомогою методики статистичної обробки експериментів [5], та методу статистичного імітаційного моделювання (СІМ) [7] розроблено методику дослідження та оптимальної екстраполяції характеристик нестаціонарного трафіку комп'ютерних мереж у реальному часі. За допомогою експерименту показана ефективність розробленої методики дослідження характеристик нестаціонарного трафіку на фоні завад у реальному часі.

Мета статті – подальше вдосконалення запропонованих способів екстраполяції характеристик трафіку комп'ютерних мереж у реальному часі.

### **Постановка задачі**

Для того, щоб виконати аналіз параметрів трафіку комп'ютерної мережі та керувати ним, необхідно вміти екстралювати задані параметри трафіку у реальному часі для інтервалу екстраполяції  $\tau$ . За цей інтервал часу  $\tau$  необхідно визначити набір апріорних вірогідних параметрів трафіку комп'ютерної мережі (КМ), дови-

значити вірогідні параметри для точки екстраполяції, виконати екстраполяцію параметрів та виконати їх аналіз. За результатами аналізу екстрапольованих параметрів, не дочікуючись конфліктної ситуації, за допомогою спеціального програмного забезпечення сервера та набору відповідного електронного обладнання можливо здійснити перерозподіл трафіку між робочими станціями чи інтерфейсами КМ при його перевантаженні.

Одним з найважливіших елементів процесу управління трафіком КМ є довизначення його вірогідних характеристик для моменту екстраполяції  $\tau$  та екстраполяція його параметрів.

В роботі пропонується спосіб довизначення наступних вірогідних характеристик трафіку для моменту екстраполяції: математичного сподівання  $m_{Y_3}$  та дисперсії  $D_{Y_3}$ , де  $Y_3^*$  екстрапольований параметр трафіку.

Нижче розглядається ідея способу однопараметричної екстраполяції параметрів нестаціонарного трафіку КМ на фоні завад [1], в основу якого поставлено задачу визначення оптимального вагового коефіцієнта  $\alpha_{opt}$  за критерієм мінімуму дисперсії  $min D_\epsilon(\alpha)$  похибки оптимального прогнозованого (екстрапольованого) значення випадкового нестаціонарного процесу на фоні завад. Оцінку  $Y_3^*$  істинного значення  $X_3$  в момент часу  $t_3$  розглядають як лінійну комбінацію (функцію) попередніх значень, що спостерігають

$$Y_3^* = \alpha_1 Y_1 + \alpha_2 Y_2, \quad (1)$$

при цьому вважають, що параметри  $\alpha_1, \alpha_2$  задовольняють вимозі нормування  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ , тоді  $\alpha_1 = \alpha$ ,  $\alpha_2 = 1 - \alpha$ , а оцінка

$$Y_3^* = Y_2 + \alpha(Y_1 - Y_2). \quad (2)$$

Цей спосіб отримав назву однопараметричного способу екстраполяції випадкових нестаціонарних процесів на тлі завад. Його недоліком є те, що в деяких випадках параметр  $\alpha$  може бути від'ємним, а це в свою чергу, може при-

вести до спотворення результатів екстраполяції.

Аналогом запропонованого способу є спосіб двопараметричної оптимальної екстраполяції випадкових нестаціонарних сигналів на тлі завад [2],[4]. В основу двопараметричного оптимального способу екстраполяції поставлено задачу визначення оптимальних вагових параметрів оптимізації  $\alpha_{1opt}, \alpha_{2opt}$  за критерієм мінімуму дисперсії похибки екстраполяції  $D_\epsilon(\alpha_1, \alpha_2)_{min}$  випадкового нестаціонарного процесу (ВНП). При вирішенні цієї задачі використовують такі ж позначення, що і для методу однопараметричної оптимальної екстраполяції. Тоді оптимальне екстрапольоване значення ВНП  $Y_3^*$  прийматиме вигляд (1). Спосіб двопараметричної екстраполяції позбавлений недоліків однопараметричного способу і має дисперсію похибки екстраполяції на порядок меншу.

Для обчислення параметрів обрано спосіб експериментального дослідження та екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж [3,7] який за допомогою сніфферу та методики статистичної обробки результатів експериментів [5,7,8] дозволяє обчислювати вірогідні характеристики трафіку та екстрапольовувати характеристики трафіку за способом оптимальної двопараметричної екстраполяції [2,4]. Недоліком цього способу є те, що для виконання екстраполяції необхідно знати вірогідні характеристики трафіку для двох точок часу, що спостерігаються, і для третьої точки екстраполяції.

В основу запропонованого способу екстраполяції покладено вирішення задачі розробки способу експериментального дослідження та оптимальної екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж з застосуванням способу двопараметричної оптимальної екстраполяції [2,4]. Спосіб двопараметричної оптимальної екстраполяції розроблено для прогнозування характеристик випадкових нестаціонарних процесів (ВНП) на фоні випадкових завад при умові, що

відома їх математична модель. Якщо невідома математична модель процесу (трафіку), то використовувати двопараметричний метод екстраполяції неможливо. Для того, щоб було можливо виконувати екстраполяцію характеристик трафіку в реальному часі необхідно розробити спосіб моніторингу та визначення його вірогідних характеристик для двох попередніх точок  $t_1$   $t_2$  і та прогнозування вірогідних характеристик трафіку для точки прогнозу  $\tau$  по вірогідним характеристикам двох попередніх точок трафіку локальних комп'ютерних мереж .

Для вирішення цієї задачі необхідно мати сніффер, який би дозволив викону-

вати моніторинг трафіку з інтервалом часу в 1 секунду. До набору апріорної вірогідної інформації відносять 10 триад точок трафіку  $Y_1(n)$ ,  $Y_2(n)$ ,  $Y_3(n)$ , на тій ділянці, де має місце збільшення швидкості трафіку в Кбіт/с з параметром  $\Delta T = 10$  с;  $\tau = 5$  с, де  $\Delta T = t_2 - t_1$ , а  $\tau$  - інтервал екстраполяції (Рис. 1). На Рис.1 наведені таблиця і графік характеристик трафіку локальної комп'ютерної мережі інституту комп'ютерних інформаційних технологій НАУ, що були отримані за допомогою сніфера *PRTG Networking Monitor*. Далі пропонується діяти відповідно до наступного способу.

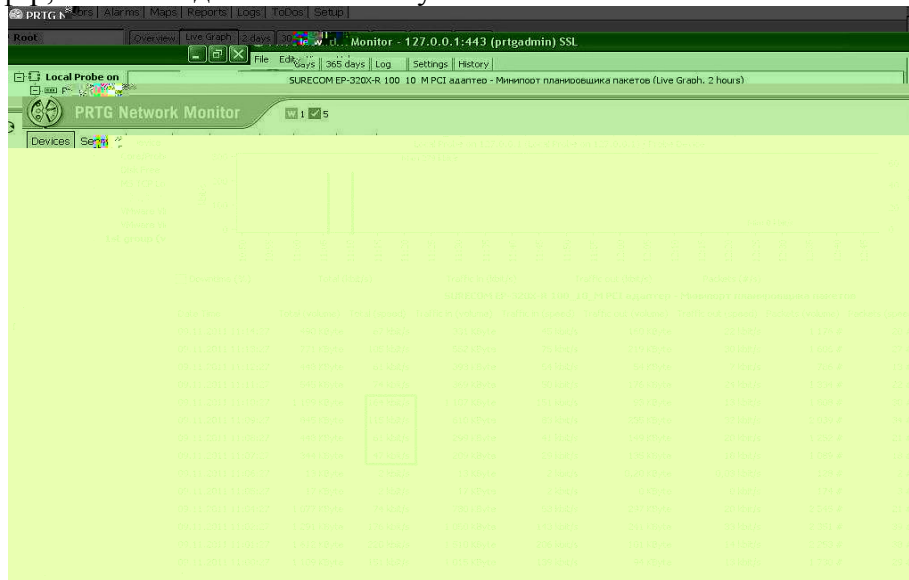


Рис. 1. Таблиця і графік характеристик трафіку

1. При вимірюванні першої пари параметрів  $Y_1$ ,  $Y_2$  необхідно провести аналіз:  $Y_2 > Y_1$ . Якщо  $Y_2 \leq Y_1$ , то значення характеристик трафіку не збільшується і ці значення не накопичують.

2. Після вимірювання перших 10 триад точок трафіку [7] при збільшенні значень параметрів за методиками статистичної обробки результатів експериментів [5], [7] обчислюють  $m_{Y1}$ ,  $m_{Y2}$ ,  $D_{Y1}$ ,  $D_{Y2}$ ,  $\sigma^2_{Y1}$ ,  $\sigma^2_{Y2}$ ,  $K_Y(t_1, t_2)$ , де  $m_{Y1}$  - математичне сподівання;  $D_{Y1}$  - дисперсія;  $\sigma^2_{Y1}$  - середньоквадратичне відхилення;  $K_Y(t_1, t_2)$  - кореляційна функція для точок  $t_1$ ,  $t_2$  трафіку. А далі, для того, щоб виконати екстраполяцію характеристик трафіку, необхідно до визначити такі вірогідні параметри

трафіку, як:  $m_{Y3}$ ,  $D_{Y3}$ ,  $\sigma^2_{Y3}$ ,  $K_Y(t_1, t_3)$ ,  $K_Y(t_2, t_3)$  для точки відповідній моменту екстраполяції  $\tau = t_3$ . В статті запропоновано спосіб визначення тільки значень параметрів  $m_{Y3}$  та  $D_{Y3}$ .

3. Для до визначення математичного сподівання точки  $Y_3 - m_{Y3}$  пропонується наступний спосіб, який і пояснюється на Рис.2, на якому наведено залежності математичного сподівання від часу  $t$ . На інтервалі  $t_2 - t_1 = \Delta T$  визначають швидкість зміни математичного сподівання:

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} \approx \frac{m_{Y2} - m_{Y1}}{\Delta T} \quad (3)$$

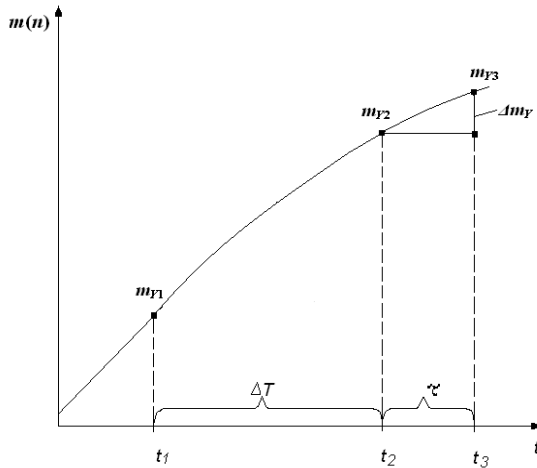


Рис. 2. Довизначення математичного сподівання

На другому кроці визначають, який приріст отримало математичне сподівання за час  $t = \tau$ :

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} \tau \approx \frac{m_{Y2} - m_{Y1}}{\Delta T} \tau. \quad (4)$$

На третьому кроці екстраполюють величину  $m_{Y3}$ :

$$m_{Y3} = m_{Y2} + \frac{\partial m_Y}{\partial t} \tau, \quad (5)$$

(так можна робити тому, що значення характеристик трафіку збільшуються).

Приклад 1. Використовують вимірювання та обчислення, які виконані в експерименті з [7]:

$$m_{Y1} = 80,0 \text{ Кбіт/с};$$

$$m_{Y2} = 93,6 \text{ Кбіт/с};$$

$$\Delta T = 10 \text{ с}; \tau = 5 \text{ с}.$$

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} \approx \frac{m_{Y2} - m_{Y1}}{\Delta T};$$

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} = (93,6 - 80,0)/10 = 1,4 \text{ Кбіт/с}.$$

$$m_{Y3} = 93,6 + 1,4 * 5 = 100,65 \text{ Кбіт/с}.$$

А в реальному експерименті [7] математичне сподівання точки  $Y_3$  дорівнює:

$$m_{Y3} = 95,1 \text{ Кбіт/с}.$$

Абсолютна похибка  $\Delta m_{Y3} = 5,55$  Кбіт/с, вона мала, а відносна похибка дорівнює:

$$\delta m \approx \frac{\Delta}{m_3} = 0,058 * 100 = 5,8 \text{ \%}.$$

Для визначення величини дисперсії  $D_{Y3}$  значення  $Y_3$  пропонується аналогічний спосіб, який ілюструється Рис.3, на якому наведено залежність  $D_{Y(n)}$  від часу  $t$ .

На інтервалі  $\Delta T$  визначають швидкість зміни дисперсії випадкової величини  $D_Y$ :

$$\frac{\partial D_Y}{\partial t} = \frac{D_{Y2} - D_{Y1}}{\Delta T}. \quad (6)$$

На другому кроці визначають, який приріст отримує дисперсія за час  $t = \tau$ :

$$\frac{\partial D_Y}{\partial t} \tau = \frac{D_{Y2} - D_{Y1}}{\Delta T} \tau. \quad (7)$$

На третьому кроці екстраполюють величину  $D_{Y3}$ :

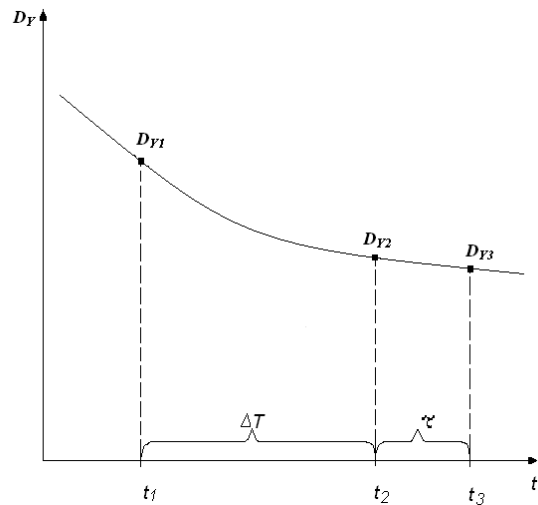


Рис. 3. Довизначення дисперсії

$$D_{Y3} = D_{Y2} + \frac{\partial D_Y}{\partial t} \tau. \quad (8)$$

Приклад 2. Використовують вимірювання та обчислення, які виконані в експерименті з [7]:

$$D_{Y1} = 1181,8 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2;$$

$$D_{Y2} = 873,5 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2;$$

$$D_{Y3} = 719,4 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2;$$

$$\Delta T = 10 \text{ с}; \tau = 5 \text{ с}.$$

$$\frac{\partial D_Y}{\partial t} = \frac{D_{Y2} - D_{Y1}}{\Delta T} = (873,5 - 1181,8) / 10 = -30,83 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2.$$

$$D_{Y3} = 873,5 - 154,15 = 719,4 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2.$$

Відносна похибка для параметру  $Y_3$  буде  $\delta D_{Y3} = 9,1\%$ .

### Висновки

За результатами прикладів 1, 2 зроблено такі висновки:

1. Відносна похибка екстраполяції математичного сподівання  $\delta m_3$  по двом відомим для попередніх точок трафіку  $m_{Y1}$ ,  $m_{Y2}$  має незначну величину 5,8%, що цілком прийнятно для практичного застосування.

2. Відносна похибка екстраполяції дисперсії  $\delta D_{Y3}$  по двом відомим значенням  $D_{Y1}$ ,  $D_{Y2}$  для попередніх точок трафіку має незначну величину 9,1%, що теж цілком прийнятно для практичного використання.

Наведені результати експерименту наглядно ілюструють новизну, корисність та високу ефективність запропонованого способу екстраполяції. Крім того, запропонований метод має зручну для практичного використання форму.

### Список літератури

1. Пат. на корисну модель 55212 Україна, МПК(2009) G01S 7/36, G06C 17/00. Спосіб оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завод / Ігнатов В. О., Андреев О.В., Гузій М.М., Андреев В. І. заявник та патентовласник Національний авіаційний університет – №u201006043 заявл. 19.05.2010, опубл. 10.12.2010, Бюл. №23. - 16 с.

2. Пат. на корисну модель 62878 Україна, МПК(2011.01) G06C 3/00, G01S 17/00 Спосіб двопараметричної оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завод / В.О.Ігнатов, І.А.Жуков, О.В.Андреев, В.І.Андреев. Заявник та патентовласник Національний авіаційний університет – №u201014719

заявл. 08.12.2010; опубл. 26.09.2011, Бюл. №18. - 16 с.

3. Пат. на корисну модель 60390 Україна, МПК G06G 7/30(2006.01), G05B 13/02(2006.01), G03B15/02(2006.01). Спосіб експериментального дослідження та екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж/ Ігнатов В. О., Андреев В.І., Андреев О.В. заявник та патентовласник Національний авіаційний університет - №u201006549 заявл. 28.05.2010; опубл. 25.06.2011, Бюл. №12. - 12 с.

4. Ігнатов В.О. Метод двопараметричної оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завод / В.О. Ігнатов, О.В. Андреев, В.І. Андреев // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць – К.: НАУ, 2010. – Вип. 4(32). – С. 41-46.

5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель // Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2006. – 576 с.

6. Дьяконов В.П. Энциклопедия MathCAD 2001 и MathCAD 11. М.: Изд. Солон-пресс. – 2004. – 832 с.

7. Андреев В.І. Метод експериментального дослідження та екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж / О.В. Андреев // Проблеми інформатизації та управління. Зб. наук. праць К.: НАУ, 2013.- Вип. 2 (42). – С. 5-9.

8. Пат. на корисну модель 60390 Україна, МПК G06G 7/30(2006.01), G05B 13/02(2006.01), G03B15/02(2006.01). Спосіб експериментального дослідження та екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж/ Ігнатов В.О., Андреев В.І., Андреев О.В. заявник та патентовласник Національний авіаційний університет - №u201006549 заявл. 28.05.2010; опубл. 25.06.2011, Бюл. №12. - 12 с.

Статтю подано до редакції 16.03.2015