

ОБГРУНТУВАННЯ БЛОЧНО-ОРІЄНТОВАНИХ СТРУКТУР МОДЕЛЕЙ ТРАФІКУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

УДК 621.72:004.724.4

ГЕРАСІНА Олександра Володимирівна

к.т.н., доцент кафедри безпеки інформації та телекомунікацій ДВНЗ «Національний гірничий університет».

Наукові інтереси: дослідження і розробка адаптивних систем керування складними нелінійними технологічними процесами та системами зв'язку.

e-mail: piv_av@meta.ua

ВСТУП

Зростання інформатизації суспільства посилює вимоги до надійності та продуктивності передачі даних в інформаційних телекомунікаційних мережах (ІТМ). До актуальних завдань оптимізації сучасних ІТМ відносять дослідження складних процесів, що виникають у системах передачі, їх ідентифікація, оцінка й формування (на основі отриманих адекватних математичних описів цих процесів) моделей керування мережевим трафіком.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Дослідження трафіку в сучасних ІТМ показали, що йому притаманна властивість самоподоби (фрактальність) і він є нелінійним стохастичним процесом з хаотичною і фрактальною динамікою [1]. Крім того, агрегований трафік від різних джерел на малих часових масштабах проявляє мультифрактальний характер. При цьому, на основі моделювання властивостей трафіку можливо розробити засоби забезпечення якості обслуговування в ІТМ.

Для ідентифікації і прогнозування трафіку в ІТМ найбільш актуальним є використання інтелектуальних методів: нейронних мереж (НМ) і систем з нечіткою логікою, що є універсальними ефективними апроксиматорами.

В роботах [2, 3] запропоновано ідентифікацію складних нелінійних процесів проводити з використанням композиції методів глобальної та локальної опти-

мізації, що дозволяє отримати моделі підвищеної точності. До таких складних систем відносяться, наприклад, рухомі об'єкти, телекомунікаційні системи і мережі, технологічні процеси рудопідготовки тощо. Однак у роботах [2, 3] не обгрунтовано вибір структур інтелектуальних моделей, а також недостатньо досліджено вплив варіацій типу структур та базисних функцій моделей на точність ідентифікації мережевого трафіку.

Мета статті. Обгрунтування блочно-орієнтованих структур інтелектуальних прогнозуючих моделей трафіка в ІТМ шляхом дослідження варіації їх типів.

СТРУКТУРИ МОДЕЛЕЙ

Однією з основних проблем при вирішенні задач ідентифікації складних систем є вибір типів структур моделей. Правильний вибір структури моделі багато у чому визначає успіх побудови адекватної моделі системи. Зазвичай структуру визначають, виходячи з фізичних законів, що реалізуються у системі. Однак, така модель найчастіше має високу розмірність, що ускладнює її практичне використання.

Більш продуктивним є визначення структур моделей складних систем на основі спостережень їх вхідних і вихідних змінних з використанням апроксимацій у вигляді функціональних рядів Вольтера, поліномів Колмогорова-Габора, блочно-орієнтованих моделей тощо [4, 5].

У блочно-орієнтованих моделях мережевий трафік представляється шляхом композиції лінійного ди-

намічного (ЛДБ) і нелінійного статичного (НСБ) блоків, наприклад, у вигляді моделей Вінера, Гамерштейна або їх комбінацій [6].

Модель Вінера містить послідовно з'єднані нелінійний статичний і лінійний динамічний блоки (рис. 1,а), а у моделі Гамерштейна, навпаки, нелінійний блок приведений до виходу (рис. 1,б). На малюнках ЛДБ – лінії затримки T , величини яких (глибини пам'яті) визначаються розмірністю вхідних d_i і вихідних d_y змінних, а у якості НСБ використовуються як традиційні засоби: поліноми Лежандра або Колмогорова-Габора, так і інтелектуальні – НМ, вейвнети (НМ з функцією активації у вигляді вейвлет), системи з нечіткою логікою тощо. Входом моделей є вектори спостережень $\{z_i[k]\} \in \hat{Z}[k]$ для моментів часу k , а виходом – його прогноз на n тактів ($\hat{Y}[k+n]$).

Модель Вінера-Гамерштейна утворюється шляхом об'єднання блоків моделей Вінера і Гамерштейна, для чого вводиться зворотний зв'язок (рис. 1,в). Модель Гамерштейна-Вінера утворюється послідовним з'єднанням моделей Гамерштейна і Вінера. При цьому у центрі з'єднання два лінійних динамічних блоки об'єднуються в один (рис. 1,г).

Крім моделей Вінера, Гамерштейна та їх комбінацій до блочно-орієнтованих відносяться також моделі авторегресії з додатковим вхідним сигналом – ARX-моделі [4, 5], які описують нелінійні структури, використовуючи паралельну комбінацію нелінійних і лінійних блоків.

МОДЕЛЮВАННЯ

Розв'язання задачі обґрунтування блочно-орієнтованих структур моделей мережевого трафіка виконувалось за допомогою розроблених програм в середовищі Matlab [7].

Експериментальними даними є трафік, що передається через мережу Інтернет [8]. Дані представляють собою залежність розміру Ethernet кадрів в байтах від часу. Для того, щоб привести початкові дані до еквідистантної шкали по часовій осі була проведена процедура агрегації з кроком в 5 с.

З особливостей цього процесу глибина прогнозу була прийнята 3 такти, а глибина пам'яті за різними входами від 1 до 4.

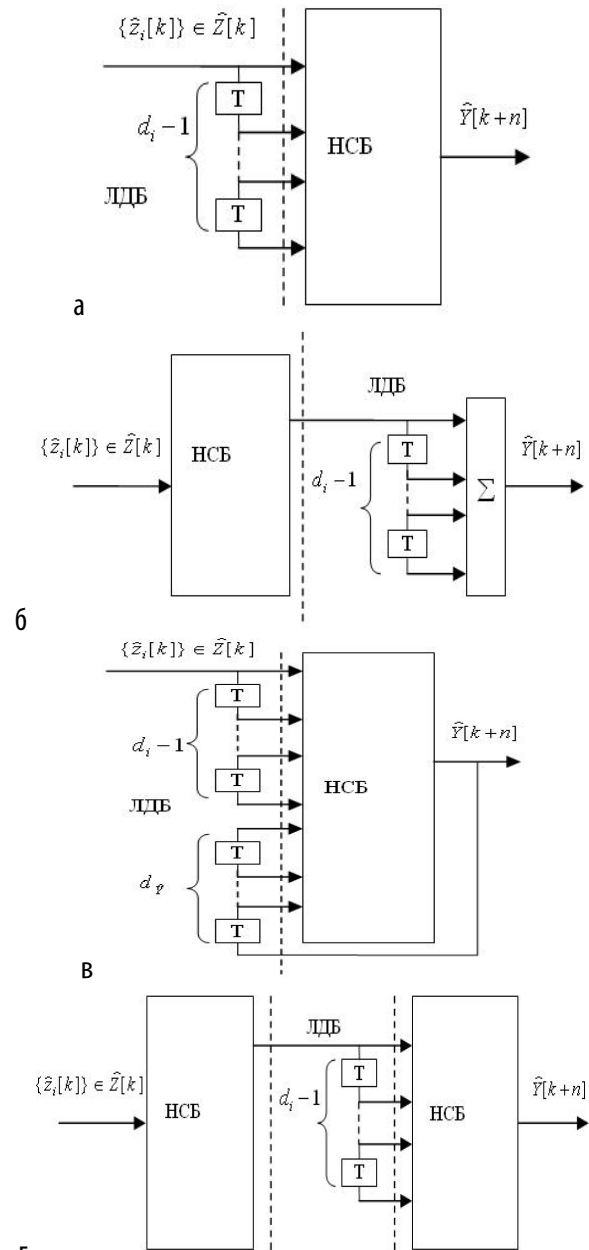
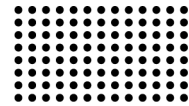
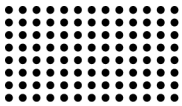


Рисунок 1 – Структура Вінера (а), Гамерштейна (б), Вінера-Гамерштейна (в) і Гамерштейна-Вінера (г) моделей мережевого трафіка

Як критерій оцінки моделей обрано критерій не-зміщенності (мінімуму зсуву) [9], що дозволяє обрати модель найменш чутливу до зміни множини точок, за якими вона отримана. Така модель повинна давати однакові результати на навчальній та перевіірочній вибірках. Тому, цей критерій рекомендується для структурної ідентифікації.

Як типи структур розглядались моделі Вінера, Гамерштейна, Гамерштейна-Вінера і ARX з НСБ (базисни-



ми функціями) у вигляді каскадної НМ прямого поширення, вейвнету і поліному Колмогорова-Габора.

Результати ідентифікації моделі Гамерштейна-Вінера з базисними функціями у вигляді вейвнету і поліному приведені на рис. 2,а. При цьому значення критерію склали 6,82% для вейвнету і 10,04% для поліному Колмогорова-Габора.

Результати ідентифікації моделі ARX з базисними функціями у вигляді вейвнету і каскадної НМ приведені на рис. 2,б. При цьому значення критерію склали 6,79% для вейвнету і 6,19% для каскадної НМ прямого поширення.

Результати ідентифікації моделі Вінера з базисними функціями у вигляді вейвнету приведені на рис. 2,в. При цьому значення критерію склали 6,31%.

Результати ідентифікації моделі Гамерштейна з базисними функціями у вигляді вейвнету приведені на рис. 2,г. При цьому значення критерію склали 12,62%.

Час обчислень на комп'ютері з процесором Pentium IV за моделями Гамерштейна-Вінера, Вінера і Гамерштейна становить 7-10 мс на цикл прогнозу, а по ARX – 0,2 мс, що не вносить часових обмежень на застосування цих моделей для ідентифікації трафіку в ІТМ.

Адекватність отриманих моделей мережевого трафіку перевірялася за непараметричним критерієм знаків. Було встановлено, що для рівня значущості 0,01 розроблені моделі адекватні експериментальним реалізаціям.

ВИСНОВКИ

Досліджено вплив варіацій типів структур та базисних функцій моделей на точність ідентифікації трафіку в ІТМ. Встановлено, що найменші значення критерію незміщеності досягаються при використанні базисних функцій у вигляді каскадної НМ прямого поширення або вейвнету, а у якості структур використовуються моделі Гамерштейна-Вінера або Вінера.

Моделі, побудовані таким чином мають підвищену точність, а часові витрати на реалізацію не накладають обмежень на їх застосування для ідентифікації мережевого трафіку.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку інтелектуальних прогнозуючих моделей трафіку в ІТМ та оцінку їх ефективності.

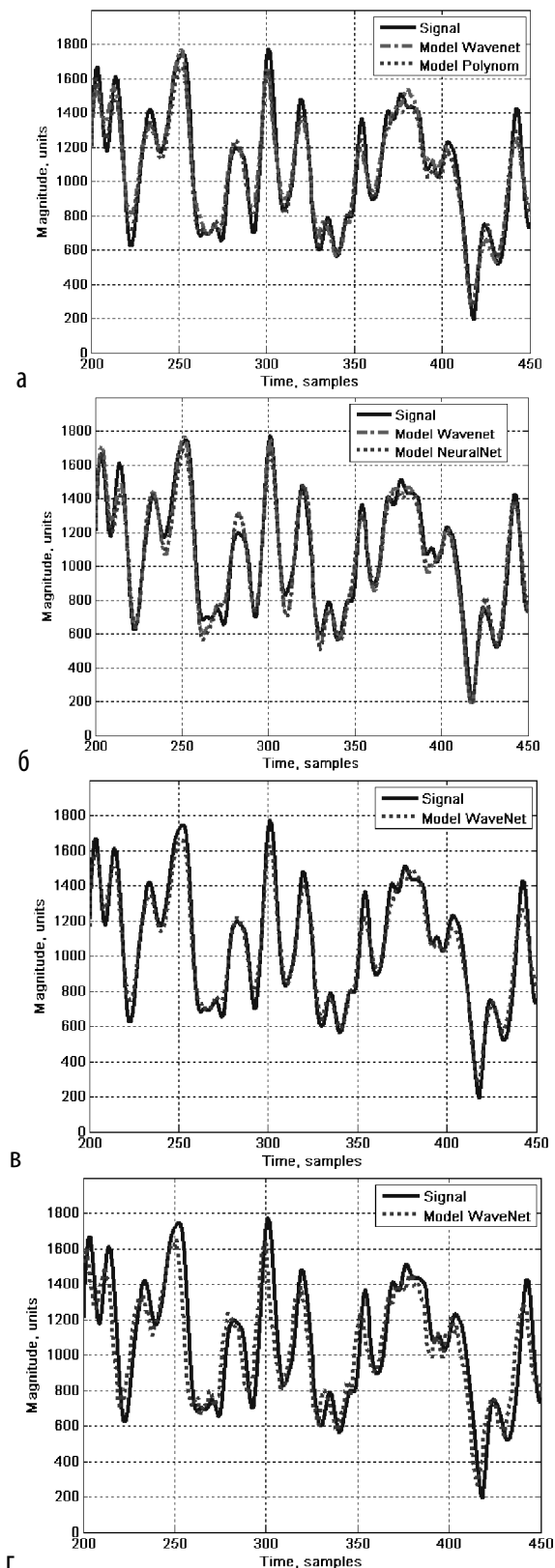


Рисунок 2 – Результати ідентифікації мережевого трафіку у вигляді моделей Гамерштейна-Вінера (а), ARX (б), Вінера (в) і Гамерштейна (г)

ЛІТЕРАТУРА:

1. Crovella M.E. Self-Similarity in World Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes /M.E. Crovella, A. Bestavros //IEEE Transactions on Networking. – 1997. – Vol.5. – №6. – pp.835-846.
2. Kuznetsov, G.V., Korniyenko, V.I., Gerasina, O.V. (2009) "Composition structural-parametric identification of nonlinear dynamic controlled objects", *Research Bulletin of NTUU "KPI"*, no. 5, pp. 69-75, Ukraine.
3. Gerasina, O.V. (2013) "Structural-parametric identification of traffic in information telecommunication networks", *The problems of information technologies*, no. 1 (013), pp. 47-52, Ukraine.
4. Nelles, O. (2001), *Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural and Fuzzy Models*, Springer, Berlin, Germany.
5. Ljung, L. (2006) "Identification of Nonlinear Systems", *Proceeding of the IEEE*, no. 6, pp. 1-10.
6. Pearson, R., Pottmann, M. (2000) "Gray-box identification of block-oriented nonlinear models", *Journal of Process Control*, no. 10, pp. 301-315.
7. Dyakonov, V.P., Kruglov, V.V. (2001), *Analysis, identification and modeling systems. A special reference book*, Piter, St. Petersburg, Russia.
8. Архив трафика: <http://ita.ee.lbl.gov>.
9. Traffic archive: <http://ita.ee.lbl.gov>.
10. Ivakhnenko, A.G. (1975), *Long-term forecasting and control of complex systems*, Tekhnika, Kiev, Ukraine.

Рецензент: д.т.н., проф. Корнієнко В.І.,
Національний гірничий університет, Дніпропетровськ.