УДК 623.396.21

ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДОМ СТРУКТУРНОЇ САМОІДЕНТИФІКАЦІЇ

Мєшков С.І., Хамула С.В., Пилипчук В.В.
Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка
E-mail: olserg1982@gmail.com

Define model of sensor networks by structural self-identification methods

An important task when creating sensor networks is to optimize the parameters of the selected vector criteria. A self-use methods that are known to make it possible to carry out a systematic analysis and identification of complex objects, facilitating accurate long-term predictions about the development of the network settings that correspond to the range of services required.

Сучасні сенсорні мережі (СМ) характеризуються розмаїттям структури, протоколів, алгоритмів і видів моделей, що відкриває нові можливості надання широкого спектра послуг із потрібною якістю та прийнятною вартістю [1-2]. Важливим завданням при цьому є оптимізація параметрів СМ і, отже, визначення найкращих параметрів за вибраним вектором критеріїв [3]. При дослідженні СМ доцільно використовувати методи самоорганізації, котрі, як відомо, дають змогу здійснювати системний аналіз та ідентифікацію складних об’єктів, сприяючи отриманню точних довгострокових прогнозів щодо розвитку тих параметрів СМ, які відповідають необхідному спектру послуг [4-5]. СМ характерна тим, що її структура заздалегідь невідома. Тому при синтезі мережі для визначення моделі структури мережі та її параметрів користуються методом структурної самоідентифікації.

Зазвичай, коли йдеться про самоорганізацію алгебраїчної моделі інфокомунікаційної мережі [6], структура останньої вважається заданою апріорі, а саме: припускається, що вона має лише одну вихідну величину, причому змінна стану xk і є цією вихідною величиною, виду $y = xk$, тоді як решта спостережуваних величин є вхідними стосовно величини y. Далі розглядається випадок, коли існує таблиця даних, що містять p змінних стану $x1$, $x2$,..., xp, в якій зазначено також вхідні величини uj, j =1,...,m. Структура мережі підлягає визначенню. Повний поліном моделі без урахування динаміки мережі набуває вигляду

$$y\_ = A0 + A1x\_ + A2u\_, \quad (1)$$

де $A0, A1, A2,$ — деякі числові сталі; $y\_ = (y1, y2,...,yr)$; $x\_ = (x1, x2,..., xp)$; $u\_ = (u1, u2,..., um)$.

При цьому вектор $y\_$ утворюється зі складових вектора стану , тобто

$$y\_ = Sx\_, \quad (2)$$

де $S = \{Sij\}$, i =1,2,..., r; j =1, 2,..., p;

$$S_{ij}\begin{cases}0,\\1,\end{cases} \sum_j S_{ij} = 1$$

Система лінійних рівнянь відображає взаємодію між змінними, тобто структуру досліджуваної мережі. Завдання самоорганізації полягає в одночасному визначенні структури моделі мережі (матриці S) та її параметрів. Згідно з цим синтез моделі складається з трьох етапів: визначення структури (необхідно обрати оптимальну кількість алгебраїчних рівнянь щодо реалізацій вхідних змінних і змінних стану, які в загальному випадку зашумлені); оцінювання параметрів (для вибраної системи рівнянь слід визначити вхідні змінні стану, які належать рівнянню мережі, і оцінити коефіцієнти кожного рівняння); адаптування параметрів (для отриманої моделі мережі значення параметрів, знайдені на етапі їх оцінювання, уточнюються за допомогою відповідних методів адаптації).

Тому для розв’язання такої задачі доцільним є застосування процедури самоорганізації, тобто перебору варіантів за обраними критеріями.

Для динамічних систем характерним є те, що вихідні величини, котрі становлять інтерес для дослідження, не можна однозначно визначити за реалізаціями вхідних величин, як це відбувається у статичних системах. Натомість для динамічної системи необхідно додатково зазначити стан, в якому вона перебуває в даний момент. А оскільки поточний стан динамічної системи в загальному випадку визначається чинниками її попереднього стану, то постає потреба включити в моделювання значення вхідних і вихідних величин у момент часу t та значення реалізацій у попередні моменти $t-1$, $t-2,\dots$, $t-g$, зазвичай використовують шаблони. Вони являють собою геометричні фігури (у разі зосередження параметрів – лінії та прямі кути), де символічно зазначено, які саме реалізації, спостережувані в минулі моменти часу $t-k$, $k=1,\dots,g$, безпосередньо впливають на вхідні величини в момент часу t. При цьому для обчислення однієї точки вихідної величини знадобиться $g+1$ точка або стільки ж стовпців таблиці спостережень, а для оцінювання параметрів тобто значення аргументів затримки:

$$y_t^M = f\left(y_{t-1},\dots,y_{t-g},u_t,u_{t-1},\dots,u_{t-g}\right), \tag{3}$$

Зрештою утворюються моделі, що відображують співвідношення вхід-вихід згідно з функціональним рядом Вольтерра та описують стан досліджуваної мережі за допомогою систем диференціальних чи різницевих рівнянь. Для графічної ілюстрації затримки при самоорганізації залишиться $T-t$ точок. Розглянемо лінійне диференціальне рівняння

$$d^2y/dt^2 + a_1 dy/dt + a_0 y = f(t), \tag{4}$$

З огляду на те, що спостереження здійснюються дискретно, потрібна дискретна модель, яка в найпростішому випадку за допомогою різниць

$$\Delta y = y_t - y_{t1}, \text{ і } \Delta(\Delta y) = (y_t - y_{t1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}, \tag{5}$$

набуває вигляду

$$\left(y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}\right) + a_1\left(y_0 - y_{-1}\right) + a_0 y_0 = f_1\left(t_0\right), \tag{6}$$

(для спрощення параметр опущено).

Простий шаблон, який ілюструє вплив аргументів y_{-1} та y_{-2} на вихідну величину, набуває вигляду

$$y_0 = f_1(t_0) + f_2(y_{-1}, y_{-2}), \tag{7}$$

(тут значення g = 2).

Цей шаблон відображає принцип близької дії, тобто визначає, які значення, виміряні в попередні моменти часу, впливають на значення вихідних величин у відповідній таблиці, що є необхідною для складання системи нормальних рівнянь згідно з методом найменших квадратів. Ця таблиця має містити такі стовпці: t_0, y_0, y_{-1}, y_{-2}.

Для процесу з явною циклічністю доцільно так урахувати цю особливість, аби поряд із реалізаціями $t-1$, $t-2$, $t-g$ модель містила реалізації $t - s\tau$, $\tau = 1, 2 \dots, g$; де s – деяке ціле число.

Зрештою маємо модель з двовимірним вектором (t, τ). Зазначимо, що самоорганізація моделей динамічних систем принципово не відрізняється від самоорганізації статичних моделей. Єдина відмінність – очевидне скорочення наявних у нашому розпорядженні точок за рахунок кількості g запам'ятовуваних точок та використання відповідних шаблонів. Якщо ввести узагальнену змінну

$$v_r(t) = u_1(t-k), k = 0,1,\dots, g, j = 1,\dots, m, \tag{8}$$

а також узяти

$$V_{m(g+1)+1}(t) = y(t-j), j = 1,\dots, g, \tag{9}$$

то можна скористатись алгоритмом самоорганізації.

Таким чином, розглянуто математичний апарат самоорганізації моделі мережі на базі динамічних систем що є найбільш адекватним і дає змогу визначити основні параметри мережі з необхідною точністю.

Література

1. *K. Martinez* Environmental Sensor Networks / K. Martinez, J. K. Hart, R. Ong // Computer. – 2004. – № 37(8). – P. 50-56.
2. *K. Akkaya* A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks / K. Akkaya, M. Younis // Ad Hoc Networks. – 2005. – № 3. – P. 325-349.
3. *Григорович В. В.* До питання оцінки ефективності функціонування інфокомунікаційних мереж / В. В. Григорович,С. І. Мєшков, О. І. Чумак // Вісник ДУІКТ. – 2012. – Т. 10, № 1. – С. 68-72.
4. *Чумак О. І.* Дослідження функцій мережного рівня системи управління / О. І. Чумак, С. І. Мєшков, О. С. Стец // Тези доповідей V Міжнародного науково-технічного симпозіуму "Нові технології в телекомунікація. ДУІКТ-КАРПАТИ'2012", 17-21 січня 2012 року. – С. 102-104.
5. *Мєшков С. І.* Застосування методів самоорганізації до розрахунку параметрів інфокомунікаційних мереж // Наукові записки УНДІЗ. – 2012. – № 4(24). – С. 98-102.
6. *Чумак О.І.* Основна задача управління та шляхи її розв'язання / О. І. Чумак, С. І. Мєшков, В. В. Григорович, О. С. Єфремов // Наукові записки УНДІЗ. – 2013. – № 2(26). – С. 40-41.