ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ РАДІОЗВ`ЯЗКУ, РАДІОЛОКАЦІЇ, РАДІОНАВІГАЦІЇ

УДК 621.391.1

НОРМАТИВНИЙ ПРОГНОЗ ПОВЕДІНКИ СИСТЕМИ В ОТОЧУЮЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Бичковський В.О.

Розглядається та аналізується процес інформаційного обміну між системою та оточуючим її середовищем. Дається методика нормативного прогнозу поведінки системи, наводиться приклад прогнозування по заданій прогнозній функції.

Вступ

Однією з фундаментальних проблем загальної теорії складних систем є з'ясування основних законів, що визначають принципи їх утворення, поведінки та розвитку. Внутрішня поведінка системи спрямована на підтримку її функціонування, а зовнішня – на досягнення зовнішньої цілі. Прогнозування поведінки системи набуває характер системного аналізу тенденцій і уточнюючої оцінки її перспектив [1,2]. Узагальненою особливістю більшості систем є неможливість досягнення зовнішньої та внутрішньої цілей без інформаційного обміну з оточуючим середовищем (іншими системами). При прогнозуванні поведінки таких систем необхідно мати адекватні прогнозуючі моделі, які враховують фактор прямого та зворотного обміну між системою і середовищем.

Постановка задачі

Існуючі методи прогнозування побудовані на використанні моделей односторонніх процесів, що виключає можливість їх використання при прогнозуванні поведінки системи в оточуючому середовищі з двостороннім інформаційним обміном [2].Для побудови адекватної прогнозуючої моделі необхідно прийняти до уваги, що система має у розпорядженні інформацію I_1(t), що дає можливість здійснювати обмін з середовищем. Середовище має у розпорядженні інформацію $I_2(t)$, що забезпечує обмін з системою. Прогнозуюча модель повинна враховувати не тільки взаємний обмін інформацією між системою та середовищем протягом часу t, а також і інтенсивність впливу системи на середовище і навпаки.

Теоретичні викладки

Взаємний обмін інформацією веде до зростання її кількості в системі та оточуючому середовищі. Цей процес можна описати системою рівнянь

$$\begin{cases} \dfrac{dI_1(t)}{dt} = K_2 I_2(t), & (1) \\ \dfrac{dI_2(t)}{dt} = K_1 I(t)_1, & (2) \end{cases}$$

де K_1 – інтенсивність впливу системи на середовище; K_2 – інтенсивність впливу середовища на систему.

Для вирішення системи рівнянь диференціюємо рівняння (1) по часу t та підставимо в отриманий результат рівняння (2). Вводячи параметр $\lambda = \sqrt{K_1 K_2}$, перейдемо до диференційного рівняння:

$$\frac{d^2 I_1(t)}{dt^2} - \lambda^2 I_1(t) = 0. \qquad (3)$$

Рішення рівняння (3) має вигляд

$$I_1(t) = C_1 \exp(-\lambda t) + C_2 \exp(\lambda t), \qquad (4)$$

де C_1, C_2 – постійні, що визначаються з початкових умов.

Диференціюємо по часу t рівняння (4) та скористуємося співвідношенням (1). Якщо ввести параметр $W = \sqrt{K_2 / K_1}$, то визначимо

$$WI_2(t) = C_2 \exp(\lambda t) - C_1 \exp(-\lambda t). \qquad (5)$$

Для визначення постійних C_1, C_2 приймаємо t=0 та на підставі формул (4), (5) визначаємо:

$$\begin{cases} I_1(0) = C_1 + C_2, & (6) \\ WI_2(0) = C_2 - C_1. & (7) \end{cases}$$

На підставі спільного рішення рівнянь (6), (7) визначаємо:

$$C_1 = 0{,}5\left[I_1(0) - WI_2(0)\right], \qquad (8)$$

$$C_2 = 0{,}5\left[I_1(0) + WI_2(0)\right]. \qquad (9)$$

Будемо спостерігати за процесом інформаційного обміну протягом часу t=τ. Тоді на підставі рівнянь (4), (5) з урахуванням (8), (9) складаємо матричне рівняння

$$\begin{bmatrix} I_1(\tau) \\ I_2(\tau) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{ch}(\lambda\tau) & W\mathrm{sh}(\lambda\tau) \\ \dfrac{\mathrm{sh}(\lambda\tau)}{W} & \mathrm{ch}(\lambda\tau) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(0) \\ I_2(0) \end{bmatrix}. \qquad (10)$$

Матричне рівняння (10) встановлює зв'язок інформаційної ситуації в кінці спостереження з інформаційною ситуацією на початку спостереження. Таким чином, матриця

$$\left[A\right] = \begin{bmatrix} \mathrm{ch}(\lambda\tau) & W\mathrm{sh}(\lambda\tau) \\ \dfrac{\mathrm{sh}(\lambda\tau)}{W} & \mathrm{ch}(\lambda\tau) \end{bmatrix} \qquad (11)$$

забезпечує прогноз від кінцевої цілі системи до сучасного стану. Такий прогноз є нормативним [2], тобто аналіз поведінки виконується від часу t=τ до часу t=0. В процесі інформаційного обміну характер зв'язків системи з середовищем може змінюватися. Це означає, що в межах певного інтервалу часу τ_i спостерігаються індивідуальні значення коефіцієнтів λ_i та

W_i. Для виконання нормативного прогнозу запишемо матрицю (11) для i-того варіанту ситуації у вигляді

$$[A]_i = \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix}, \tag{12}$$

де A_i=ch($\lambda_i\tau_i$); B_i=$W_i$sh($\lambda_i\tau_i$); C_i=W_i^{-1}sh($\lambda_i\tau_i$); D_i=ch($\lambda_i\tau_i$).

Переходячи до змінної Річардса S_i=th($\lambda_i\tau_i$), запишемо матрицю (12) як

$$[A]_i = \frac{1}{\sqrt{1-S_i^2}} \begin{bmatrix} 1 & W_i S_i \\ \dfrac{S_i}{W_i} & 1 \end{bmatrix}. \tag{13}$$

Будемо розглядати відношення кількості інформації в системі до кількості інформації в оточуючому середовищі $Z=I_1/I_2$. Тоді для i-го варіанту

$$\begin{bmatrix} I_1(S_i) \\ I_2(S_i) \end{bmatrix} = [A]_i \begin{bmatrix} I_1(0) \\ I_2(0) \end{bmatrix}. \tag{14}$$

Якщо ввести позначення $Z(0)=I_1(0)/I_2(0)$, то на підставі (13) та (14):

$$Z(S_i) = \frac{W_i\left[Z(0)+W_i S_i\right]}{S_i Z(0)+W_i}. \tag{15}$$

Точка S_i=1 відповідає ядру гомоморфізму і є особливою точкою. В цьому випадку на підставі (15) визначаємо, що $Z(1)=W_i$. Таким чином, при S_i=1 визначається параметр W_i.

При проведенні нормативного прогнозу застосування процедури Річардса виявляється марним, оскільки неможливо при різних S_i визначити послідовність зміни ситуації інформаційного обміну. Для вирішення задачі скористуємося тою обставиною, що при гомоморфних відображеннях порядок зміни ситуацій визначається однозначно. Ця однозначність зумовлена спів падінням значення дрібно-лінійного перетворення в особливій точці (ядрі гомоморфізму), що належить поточній ситуації, та значення дрібно-лінійного перетворення в усіх особливих точках [3].

Перший крок нормативного прогнозу починається з кінцевої точки. Якщо поведінка системи змінювалася n раз, то для першого кроку прогнозна функція

$$Z_1(S_1,S_2,...S_n) = \frac{W_i\left[Z_2(S_1,S_2,...S_n)+W_i\ S_i\right]}{S_i Z_2(S_1,S_2,S_n)+W_i}, \tag{16}$$

де $Z_2(S_1,S_2,\ldots,S_n)$ – прогнозна функція для другого кроку прогнозу; S_i – змінна Річардса для i-го кроку прогнозу; W_i – характеристика i-го кроку прогнозу [3].

На підставі властивості функції (16) в ядрі гомоморфізму W_i = $Z_1(1,1,\ldots,1)$ визначаємо прогнозну функцію для другого кроку

$$Z_2(S_1,S_2,...S_n)=\frac{Z_1(1,1,...1)\left[Z_1\left(S_1,S_{2,},...S_n\right)-S_iZ_1(1,1,...1)\right]}{Z_1(1,1,...1)-S_iZ_1(S_1,S_2,...S_n)}. \qquad (17)$$

Після першого кроку прогнозу порядок функції $Z_2(S_1,S_2,\ldots S_n)$ знижується. Процедура виконується до повного завершення прогнозних кроків.

Розглянемо приклад нормативного прогнозу. Нехай задано прогнозну функцію

$$Z_1(S_1,S_2,S_3)=\frac{400S_1S_2S_3+200S_1+100S_2+50S_3}{4S_1S_3+2S_1S_2+0,5S_2S_3+1}. \qquad (18)$$

Аналіз залежності (18) показує, що прогнозна функція описується трьома змінними S_1, S_2, S_3. Поведінка системи змінювалась тричі і треба виконати три кроки прогнозу. Визначаємо, який з варіантів ситуації був першим з кінця. Для вирішення цієї задачі скористаємося властивостями гомоморфних відображень [3]. Оскільки $Z_1(S_1,1,S_3)=Z_1(1,1,1)=100$, то перша ситуація описується змінною $S_2=\text{th}(\lambda_2\tau_2)$.

Таким чином, перша з кінця ситуація спостерігалась протягом часу τ_2 з параметрами λ_2 та $W_2=Z_1(1,1,1)=100$.

Переходимо до другого кроку нормативного прогнозу. На підставі співвідношення (17) визначаємо чисельник M та значення N:

$$M=\frac{5000(4S_1+S_3)(1-S_2^2)}{4S_1S_3+2S_1S_2+0,5S_2S_3+1},\ N=\frac{100(1+4S_1S_3)(1-S_2^2)}{4S_1S_3+2S_1S_2+0,5S_2S_3+1}.$$

Прогнозна функція для другого кроку $Z_2=M/N$. Таким чином,

$$Z_2(S_1,S_3)=\frac{50(4S_1+S_3)}{1+4S_1S_3}. \qquad (19)$$

Визначаємо, який з варіантів ситуації був другим з кінця. На підставі формули (19) визначаємо, що $Z_2(S_1,1)=Z_2(1,1)=50$. Таким чином, друга з кінця ситуація описується змінною $S_3=\text{th}(\lambda_3\tau_3)$, спостерігається протягом часу τ_3 з параметрами λ_3 та $W_3=Z_2(1,1)=50$. Повторюючи процедуру, аналогічну (17), визначаємо чисельник P та знаменник E прогнозної функції Z_3:

$$P=\frac{10000S_1(1-S_3^2)}{1+4S_1S_3},\ E=\frac{50(1-S_3^2)}{1+4S_1S_3}.$$

Прогнозна функція для третього кроку $Z_3=P/E$. Таким чином,

$$Z_3(S_1)=200S_1. \qquad (20)$$

На підставі (20) визначаємо, що третя з кінця ситуація описується змінною $S_1=\text{th}(\lambda_1\tau_1)$, спостерігається протягом часу τ_1 з параметрами λ_1 та $W_1=Z_3(1)=200$. Кроки прогнозу вичерпано. Загальний час прогнозу $T=\tau_2+\tau_3+\tau_1$. Визначаємо ситуацію при $t=0$. Аналіз (10) та (20) вказує, що $I_1(0)=0$. Таким чином, спочатку інформація почала поступати з середовища в систему, а потім система почала інформаційний обмін з середовищем.

Висновки

Запропонований метод дає можливість будувати прогнозуючі моделі поведінки системи в умовах обміну інформацією з оточуючим середовищем, виконувати нормативний прогноз поведінки системи по заданій прогнозній функції. Він дозволяє перевести процедуру прогнозування на якісно новий рівень, доповнює існуючі методи прогнозування та системного аналізу в керуванні і зв'язку [2,4].

Література

1. Крапивин В.Ф. Теоретико-игровые методы синтеза сложных систем в конфликтных ситуациях. – М.: Сов. радио, 1972. – 192с.
2. Кузнєцов Ю.М., Скляров Р.А. Прогнозування розвитку технічних систем. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. – 323с.
3. Козловский В.В., Бычковский В.А., Свечников Г.С., Згурский А.В. Синтез неоднородных электромагнитных сред. – К.: Наукова думка, 1992. – 264с.
4. Теория систем и методы системного анализа в управлении и святи. Волкова В.Н. и др. – М.: Радио и связь, 1983. – 248с.

Бычковский В.А. **Нормативный прогноз поведения системы в окружающей среде** Анализируется процесс информационного обмена между системой и окружающей средой. Приведена методика нормативного прогноза поведения системы и пример прогнозирования по заданной прогнозной функции	Bychkovsky V.A. **The rate prognosis of system behavior in environment** The information exchange process between system and environment is considered and analyzed. Rate prognosis method for system behavior and example of prognosis by set prognosticate function is present.