показують, що економія ресурсів каналів практично для всіх схем в середньому становить 14 відсотків.

4. Висновки

Сформульовано задачу призначення вертикальних фрагментів дерев на магістралі каналу. Досліджено вплив стратегій призначення фрагментів дерев на магістралі каналів ПЛІС, які дозволили досягти економії ресурсів каналів практично для всіх схем в середньому 14 відсотків.

1. Коротєєва Т.О.Трасування в каналі для програмованих логічних інтегральних схем // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів. – 2003. – № 481. - С. 5-10.
2. Мельник Р.А. Алгоритми ієрархічного моделювання просторової та площинної топології НВІС. – Львів: ДУ "Львівська політехніка". – 1999. – 180 с.
3. Давиденко В.Н., Курейчик В.М. Генетический алгоритм для трассировки двухслойных каналов // Автоматизация проектирования. – 1999. – №1. – С. 5-14.
4. Deutsch D.N. Compacted channel routing // Proceedings of IEEE International conference on Computer Aided design. – 1985. – P.223–225.
5. Маркосян С.Е. О раскраске вершин графов интервалов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. VII. ЭВТ, 1972. – Вып. 4, С. 3-6.

А.Ковальчук
Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 681.84.087.4

ПРО ОДИН АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ ВІДТВОРЕННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ

Подається теоретичний опис нечіткої моделі відтворення мовних сигналів

In a paper the theoretical exposition of an fuzzy model of a reconstruction of language signals is given

Вступ

Нечіткість в процесах людського мислення привернула увагу в зв'язку з дослідженнями і розробками таких систем, як соціальні або управлінські. Тут буде запропонований метод моделювання систем, що використовує нечітку логіку і може бути застосованим при відтворенні мовних сигналів. Якщо нечіткі відношення "вхід – вихід" задані, то модель системи можна сформулювати за допомогою композиційного правила виводу. Система описується матрицею відношення R, яка називається представленням системи. Тоді системне рівняння визначається виразом $B_1 = A_1 * R$, де A_1 – нечітка вхідна, B_1 – нечітка вихідна множини, а через "$*$" позначений деякий оператор [1].

1. Математична модель нечіткого алгоритму розв'язання задачі

У нечітких моделях пари "вхід–вихід" задаються нечіткими висловленнями типу "якщо A, то B, інакше C", де A і B – нечіткі підмножини вхідного універсуму U і вихідного універсуму V відповідно. Сукупність таких висловлень можна розглядати як вербальне задання нечіткої системи. Маючи справу з нечітким умовним висловленням "якщо A, то B", яке в нечіткй логіці записується у вигляді $A \to B$, будемо вважати множину A нечітким входом, множину B – нечітким виходом.

Розглянемо модель системи, яка наділена відношенням, при якому чим більша нечітка множина входів, тим менша нечітка множина виходів. Спочатку розлянемо нечіткий випадок, для якого відношення "вхід–вихід" можна подати у вигляді [2]

$$X_Y(v) = \inf_{u \in U} \{\mu_X(u) \vee \mu_R(u,v)\}, \qquad (1)$$

де $\mu_X(u)$ – значення функції належності елемента $u \in U$, $\mu_R(u, v)$ – значення функції належності пари $(u, v) \in U \times V$, $U \times V$ – декартів добуток універсумів U і V.

Використовуючи процес розмивання, отримуємо таке представлення нечіткої системи:

$$\mu_Y = \inf_{u \in \{u: \mu_X(u) > \mu_R(u,v)\}} \{\mu_R(u',v)\}, \qquad (2)$$

де $inf\{\mu_R(u',v)\} = 1$, якщо множина $\{u: \mu_X(u) > \mu_R(u, v)\} = \varnothing$.

Операцію в (2) назвемо δ-композицією і позначимо δ. З її допомогою отримуємо системне представлення моделі, яка будується за даними парами "вхід–вихід".

Припустимо, що на основі пар "вхід–вихід" вже побудоване відношення $R*$ і тепер надається додаткова інформація $A_1 \to B_1$. Оскільки в цій моделі відношення вхід-вихід пов'язані за допомогою "або", тобто $A_1 \to B_1$ або $A_2 \to B_2$ або …або $An \to Bn$, то систему $R*$ подамо так:

$$R* = (A_1 \times B_1) \cup R*. \qquad (3)$$

Вважаючи, що $R*$ не несе інформації щодо A_1, систему $R*$ на виході, що відповідає A_1, можна розглядати як "елемент, невідомий в V", тобто

$$A_1 \, \delta \, R* = \varnothing. \qquad (4)$$

Необхідно зазначити, що в цій моделі $C = \varnothing$.

Застосовуючи A_1 до $R*$, отримаємо

$$A_1\ \delta\ [(A_1 \times B_1) \cup [R*] = B_1, \tag{5}$$

що задовольняє властивості цієї моделі.

Тепер розглянемо дві пари "вхід–вихід" $A_1 \to B_1$ і $A_2 \to B_2$. Запишемо умову несуперечності

$$A_1\ \delta\ (A_2 \times B_2) = \varnothing, \qquad A_2\ \delta\ (A_1 \times B_1) = \varnothing. \tag{6}$$

Очевидно, що

$$B_1 = (A_1 \cap A_2)\ \delta\ R* \supseteq B_1 \cup B_2. \tag{7}$$

Отже, отримаємо

$$A_1 \to B_1, \qquad A_2 \to B_2, \qquad A_1 \cap A_2 \to B_1 \supset B_1 \cup B_2. \tag{8}$$

Якщо існують умови несуперечності на n парах (Ai Bi), то маємо

$$A_i\ \delta\ R* = B_i\ (A_i \cap A_j)\ \delta\ R* \supseteq B_i \cup B_j \tag{9}$$

що задовольняє логічну структуру моделі.

Замість (6) можливо використовувати менш строгу умову

$$A_1\ \delta\ B_0* \subseteq \dot{B}_1. \tag{10}$$

Якщо для використовуваних даних умови несуперечності (9) не існують, то можна розглядати такі процедури.

Для вирішення суперечностей при заданих $R*$ і $A_1 \to B_1$, можна вибрати одну із двох альтернатив:

1) розглядати B_1 як $B_1 \cup (A_1\ \delta\ R*)$;

2) замінити R_0* так, щоб $(A_1\ \delta\ R*) \subset B_1$.

Вибір альтернативи 1) або 2) залежить від умов на вихідні дані.

Отже, як зазначалося раніше, логічна структура цієї моделі така, що чим більший нечіткий вхідний вплив, тим менша реакція на виході системи. Це пояснюється так: чим більше імпульсів надходить на вхід системи, тим менше розсіяння значень на виході з цієї системи [2].

Розглянемо алгоритм розв'язання задачі на прикладі.

Як вхідні та вихідні параметри виберемо такі:

– вхідні параметри:

a_1 – чисельність міського населення, тис. осіб;

a_2 – чисельність сільського населення, тис. осіб;

a_3 – чисельність населення працездатного віку, разом тис.осіб.;

a_4 – чисельність міського населення працездатного віку, тис.осіб.;

a_5 – чисельність сільського населення працездатного віку, тис.осіб;

– вихідні параметри:

b_1 – фактично вивільнено з підприємств, організацій області, осіб;

b_2 – частка фактично вивільнених осіб в обсягах очікуваного вивільнення, %;

b_3 – чесльність осіб, звільнених за власним бажанням, що перебували на обліку в центрах зайнятості протягом року;

b_4 – чисельність осіб, звільнених за порушення трудової і виробничої дисципліни, що перебували на обліку в центрах зайнятості протягом року.

Задано два відношення "вхід – вихід"

$$A_1 = 0{,}5/a_1+1/a_2+0{,}8/a_3+0{,}3/a_4+0{,}5/a_5;\ \ B_1 = 0{,}5/b_1+0{,}03/b_2+0{,}6/b_3+0{,}01/b_4;$$

$$A_2 = 0{,}4/a_1+0{,}6/a_2+0{,}5/a_3+0{,}2/a_4+0{,}3/a_5;\ \ B_2 = 0{,}3/b_1+0{,}01/b_2+1/b_3+0{,}03/b_4.$$

Будується декартів добуток, який визначається так

$$A_1 \times \ldots \times A_n = \sum_{u_1,\ldots,u_n} \left(\mu A_1(u_1) \wedge \ldots \wedge \mu A_n(u_n)\right)/(u_1,\ldots,u_n);$$

$$A_1 \times B_1 = \begin{bmatrix} (0,5;0,5) & (0,5;0,03) & (0,5;0,6) & (0,5;0,01) \\ (1,0;0,5) & (1,0;0,03) & (1,0;0,6) & (1,0;0,01) \\ (0,8;0,5) & (0,8;0,03) & (0,8;0,6) & (0,8;0,01) \\ (0,3;0,5) & (0,3;0,03) & (0,3;0,6) & (0,3;0,01) \\ (0,5;0,5) & (0,5;0,03) & (0,5;0,6) & (0,5;0,01) \end{bmatrix};$$

$$A_2 \times B_2 = \begin{bmatrix} (0,4;0,3) & (0,4;0,01) & (0,4;1) & (0,4;0,03) \\ (0,6;0,3) & (0,6;0,01) & (0,6;1) & (0,6;0,03) \\ (0,5;0,3) & (0,5;0,01) & (0,5;1) & (0,5;0,03) \\ (0,2;0,3) & (0,2;0,01) & (0,2;1) & (0,2;0,03) \\ (0,3;0,3) & (0,3;0,01) & (0,3;1) & (0,3;0,03) \end{bmatrix}.$$

Будується оператор δ, який має такий вигляд

$$\delta = (A_1 \times B_1) + (A_2 \times B_2).$$

Для того, щоб побудувати оператор, необхідно з кожної пари декартового добутку $A_1 \times B_1$ та $A_2 \times B_2$ вибрати мінімальне значення, потім з цих двох мінімальних значень вибирають максимальне і записують у матрицю R.

Отже

$$R = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,03 & 0,5 & 0,03 \\ 0,5 & 0,03 & 0,6 & 0,03 \\ 0,5 & 0,03 & 0,6 & 0,03 \\ 0,3 & 0,03 & 0,3 & 0,03 \\ 0,5 & 0,03 & 0,5 & 0,03 \end{bmatrix}.$$

Подаючи на вхід системи $R*$ дію, яка описується нечіткою множиною

$$A* = 0{,}3/a_1+0{,}5/a_2+0{,}4/a_3+0{,}2/a_4+0{,}3/a_5.$$

Отримуємо

$$B* = A* = [0{,}3;\ 0{,}5;\ 0{,}4;\ 0{,}2;\ 0{,}3]\ \delta \begin{pmatrix} 0{,}5 & 0.03 & 0{,}5 & 0{,}03 \\ 0.5 & 0{,}03 & 0{,}6 & 0{,}03 \\ 0.5 & 0{,}03 & 0{,}6 & 0{,}03 \\ 0{,}3 & 0.03 & 0{,}3 & 0{,}03 \\ 0{,}5 & 0{,}03 & 0{,}5 & 0{,}03 \end{pmatrix} = [1;\ 0.03;\ 1;\ 0.03].$$

Для нечіткої вхідної множини, яка дуже відрізняється від заданих нечітких вхідних множин A_i, вихідна множина системи $R*$ повинна бути близькою до нуля, що означає, що до нечіткої множини $B*$ може бути застосований термін "невідомо".

2. Постановка задачі і опис алгоритму розв'язання

Нехай на проміжку $[0, a]$ задано невід'ємну функцію

$$f(t),\ 0 \le f(t) \le 1,\ t \in [0, a].$$

Потрібно відтворити значення функції $f(t)$ на проміжку $t \in [0, b]$, $a < b$.

Розіб'ємо інтервал $[0, a]$ на n рівних частин з кроком $h_1 = a/(n-1)$. Отримаємо розбиття $t_i^{(1)} = ih,\ i = \overline{0, n-1}$.

Нехай в точках $t_i^{(1)}$ функція $f(t)$ набуває значення $f_i^{(1)} = f(t_i^{(1)})$. Виберемо $\bar{t}_i^{(1)} = t_i^{(1)}/a$ і приймемо $\bar{f}_i^{(1)} = f_i^{(1)}$.

Виберемо інше розбиття інтервалу $[0, a]$ $t_i^{(2)} = t_i^{(1)} + \varepsilon_i$, $\varepsilon_i = (t_{i+1}^{(1)} - t_i^{(1)})/2$, $i = \overline{0, n-2}$. Нехай

$$\bar{t}_i^{(2)} = t_i^{(2)}/a,\quad \bar{f}_i^{(2)} = f(t_i^{(2)}),\ i = \overline{0, n-2},\ \bar{f}_{n-1}^{(2)} = \bar{f}_{n-1}^{(1)}.$$

Позначимо

$$(\bar{t}_0^{(1)},\dots, \bar{t}_{n-1}^{(1)}) = T^{(1)},\ (\bar{f}_0^{(1)},\dots, \bar{f}_{n-1}^{(1)}) = F^{(1)},\ (\bar{t}_0^{(2)},\dots, \bar{t}_{n-1}^{(2)}) = T^{(2)},\ (\bar{f}_0^{(2)},\dots, \bar{f}_{n-1}^{(2)}) = F^{(2)}.$$

Тоді оператор δ матиме вигляд

$$\delta = (T^{(1)} \times F^{(1)}) + (T^{(2)} \times F^{(2)})\ . \tag{11}$$

Розіб'ємо тепер інтервал $[a, b]$ на n рівних частин з кроком $h* = (b-a)/(n-1)$. Отримаємо розбиття $t_i^{(*)} = ih + a,\ i = \overline{0, n-1}$. Розглянемо вектор $(\bar{t}_0^{(*)},\dots, \bar{t}_{n-1}^{(*)}) = T^{(*)}$ де $\bar{t}_i^{(*)} = (t_i^{(*)} - a)/(b - a), i = \overline{0, n-1}$. Тоді шуканий вектор відтворених значень $(\bar{f}_0^{(*)},\dots, \bar{f}_{n-1}^{(*)}) = F^{(*)}$ може бути знайденим з рівняння

$$T^{(*)}\delta = F^{(*)}, \tag{12}$$

тобто $f(t_i^{(*)}) = f_i^{(*)}, i = \overline{0, n-1}$.

Результати

На рис 1 показано відтворення функції $f(t) = \cos(t)$ на проміжку $[2\pi, 3\pi]$ і за-

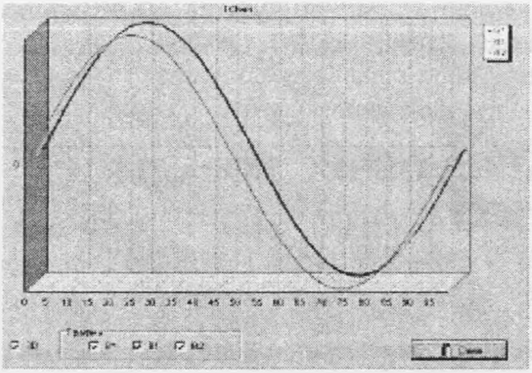

Рис. 1. Відтворення функції $f(t) = \cos(t)$

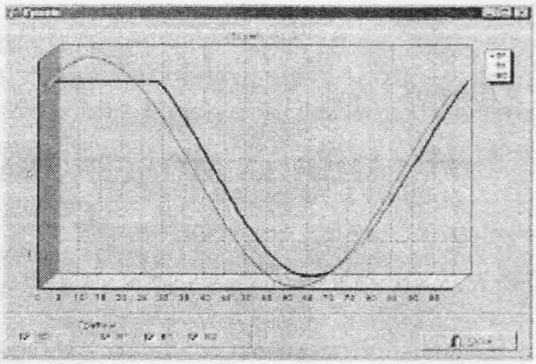

Рис. 2. Відтворення функції $f(t) = \cos(t)+\sin(t)$

даної на проміжку $[0,2\pi]$. На рис.2 показано відтворення функції $f(t) = \cos(t)+\sin(t)$ на проміжку $[2\pi, 3\pi]$ і заданої на проміжку $[0, 2\pi]$.

На обох рисунках $B*$ позначено відтворені значення, інші два: B_1 і B_2 – задані.

Висновок

Системи, засновані на нечітких множинах, впроваджені в таких областях:

- керування технологічними процесами;
- керування транспортом;
- медична діагностика;
- фінансовий менеджмент;
- біржове прогнозування;
- розпізнавання образів;
- системи, що самонавчаються;
- дослідження ризикових і критичних ситуацій;
- удосконалювання стратегій керування і координації дій, наприклад, складне промислове виробництво.

Практичний досвід розробки систем нечіткого логічного виводу свідчить, що терміни і вартість їхнього проектування значно менші, ніж при використанні традиційного математичного апарата, при цьому забезпечується необхідний рівень працездатності і прозорості моделей.

При зростанні точності нечітка логіка переходить до стандартної, булевої. А порівняно з ймовірнісним методом нечіткий метод дозволяє різко скоротити обсяг обчислень, що у свою чергу, збільшує швидкодію нечітких систем.

Отже, застосування нечітких моделей у відтворенні мовних сигналів є достатньо обгрунтованим.

1. Борисов А. Н., Алексеев А. В., Меркурьева Г. В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
2. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения : Пер. с англ./Под. ред. Р. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986 г. – 408 с.