

SISTEM DE CALCUL EVOLUTIV IN BAZA LOGICII FUZZY

Autori: Dimitrii CALUGARI, Elena TUMANOV, Dan IFTODI

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare sunt prezentate rezultatele proiectării unui sistem de calcul evolutiv bazat pe modele din logica Fuzzy. Sistemul este elaborat în bază de elemente funcționale cu arhitectura reconfigurabilă. Fiecare element funcțional realizează un model definit pentru logica Fuzzy. Pentru asigurarea calculului evolutiv elementele funcționale prezintă memorii RAM care conține valori predefinite pentru modelul realizat. Evoluția sistemului are loc în dependență de starea elementelor funcționale. Verificarea funcționalității sistemului de calcul evolutiv s-a efectuat în baza kit-ului de dezvoltare Altera DE0 Board.

Cuvinte cheie: Calcul evolutiv, Logica Fuzzy, Sistem autonom, Sistem reconfigurabil, FPGA, Altera DE0 Board.

1. Introducere

Calculul evolutiv face parte din domeniul sistemelor de rezolvare a problemelor bazate pe calcul, sisteme ce utilizează modele de calculare, cum ar fi selecția naturală, supravețuirea celui mai adaptat și reproducerea, ca și componente fundamentale ale unui astfel de sistem de calcul. Evoluția pe calea selectării naturale a unei populații de indivizi selectați arbitrar poate fi considerată ca o căutare în spațiu a unor posibile valori cromozomiale. În acest sens un algoritm evolutiv reprezintă o căutare stocastică a unei soluții optime pentru o problemă dată [1].

2. Logica Fuzzy

Sistemele Fuzzy reprezintă sisteme bazate pe cunoștințe de apartenență sau de clasificare pe subdomenii. Regula principală a Logicii Fuzzy (LF) este: **IF(C), THEN(R)**, unde **C** - este condiția de apartenență la subdomeniu, și **R** - decizia în caz de îndeplinire a condiției **C** [2,3,4].

Prin faptul că funcțiile sunt definite pe subdomenii reprezentate prin mulțimi, noțiunile clasice ale teoriei mulțimilor (intersecția, reuniunea, complementaritatea, incluziunea, etc.) sunt extinse la funcțiile de apartenență. Fie **F** și **G** sunt submulțimi Fuzzy ale domeniului de activitate **U**. În acest caz putem defini următoarele operații asupra mulțimilor Fuzzy [4]:

- Incluziunea: $F \subseteq G \Leftrightarrow F(u) \leq G(u), \forall u \in U;$ (1)

- Intersecția: $(F \cap G)(u) = \min(F(u), G(u));$ (2)

- Reuniunea: $(F \cup G)(u) = \max(F(u), G(u));$ (3)

- Complementaritatea: $F^C(u) = 1 - F(u);$ (4)

- Egalitatea: $F(u) = G(u), \forall u \in U;$ (5)

- Produs cartezian: $F \times G(u, v) = \min(F(u), G(v));$ (6)

3. Sinteza elementelor funcționale

Funcționalitatea sistemului de calcul evolutiv în baza Logicii Fuzzy este definită de modelele matematice prezentate în expresiile (1) – (6). Pentru realizarea funcțiilor Logicii Fuzzy sunt utilizate elemente funcționale (**FLE** - Fuzzy Logic Elements) în bază de RAM care conține rezultatul predefinit al modelului matematic respectiv. Schema comună a elementelor funcționale este prezentată în Figura 1, a), unde: **RAM** - memorie operativă care stochează Logica Fuzzy a modelului matematic (1) – (6) realizat de

elementul funcțional; **F** și **G** operanzii de intrare care generează adresa memoriei **RAM**; **M(F,G)** - rezultatul realizării modelului matematic (1) – (6) realizat de elementul funcțional; **ED** - date pentru evoluția

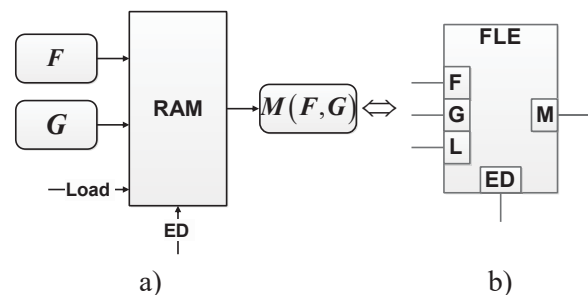


Fig. 1. Schema elementelor funcționale **FLE**.

modelului matematic (1) – (6) realizat de elementul funcțional; **Load** - încărcarea noului model realizat de elementul funcțional. În Figura 1, b) este prezentată structura grafică a elementelor funcționale.

Structura elementelor funcționale **FLE** este realizată în scopul implementării acestora în bază de circuite reconfigurabile FPGA [6]. Verificarea funcțională a elementelor **FLE** s-a efectuat în baza Kit-ului de dezvoltare **Altera DE0 Board** [7] elaborat în baza circuitului FPGA **Altera Cyclone III 3C16** [6].

4. Structura sistemului de calcul evolutiv

În Figura 2 este prezentat un exemplu de sinteză a structurii unui sistem de calcul evolutiv în baza logicii Fuzzy. Schema include următoarele elemente:

$FLE_{l,m}, \forall l = \overline{1, \dots, L}, l = \overline{1, \dots, M}$ -

mulțimea de elemente funcționale în baza logicii Fuzzy;

$M_{l,m}, \forall l = \overline{1, \dots, L}, l = \overline{1, \dots, M}$ - intrarea

datelor care determină evoluția modelului matematic, respectiv, dinamica calculului evolutiv; $FC_n, \forall n = \overline{1, \dots, N}$ - fuzificatoare;

$DF_s, \forall s = \overline{1, \dots, S}$ - defuzificatoare.

Generarea semnalului **Load (L)** are loc la îndeplinirea condiției:

$$IF(M_{l,m}^{ev} \in M_{l,m}^{opt}), THEN(L = 1, ED_{l,m} = M_{l,m}^{ev}), \quad (7)$$

unde: $M_{l,m}^{ev}$ - starea elementului funcțional $FLE_{l,m}$ care declanșează procesul de evoluție a sistemului; $M_{l,m}^{opt}$ - mulțimea de stări care se consideră optimale pentru elementul funcțional $FLE_{l,m}$; $ED_{l,m}$ - intrarea memoriei RAM a elementului funcțional $FLE_{l,m}$ pentru modificarea conținutului acesteia.

Modul de funcționare al sistemului de calcul evolutiv este determinat de o stare globală a elementelor funcționale care se modifică în raport cu modelul realizat (1) – (6) și îndeplinirea condiției (7).

Mențiuni

Lucrarea de față a fost elaborată și testată cu suportul tehnic oferit de catedra Calculatoare a Universității Tehnice a Moldovei.

Bibliografie

1. Mihăilă, C. *Calculul evolutiv în probleme de alocare*. Teză de doctor, Universitatea Babeș-Bolyai. Cluj-Napoca, 2011.
2. Dzițac, I. *Inteligența artificială*. – Arad : Editura Universității „Aurel Vlaicu”, 2008, 190p. ISBN: 978-973-752-292-4.
3. Andone, R.; Cațaron, A. *Inteligența computațională*. Universitatea „Trensilvania”, Brașov, 2002, 217p.
4. Fuzzy logics: https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic (accesat 23.10.2016).
5. Абабий, В.; Судачевски, В.; Подубный, М.; Негарэ, Е. *Синтез нечеткого контроллера для принятия решений на базе гистерезисных характеристик*. Proceedings of the Fifth International Conference on «INFORMATICS AND COMPUTER TECHNICS PROBLEMS» (PICT – 2016), Chernivtsi, Ukraine, 21–24 May, 2016, pp. 129-131.
6. <https://www.altera.com/products/fpga/> (accesat 11.11.2016).
7. ftp://ftp.altera.com/up/pub/Altera_Material/Boards/DE0/DE0_User_Manual.pdf (accesat 12.11.2016).

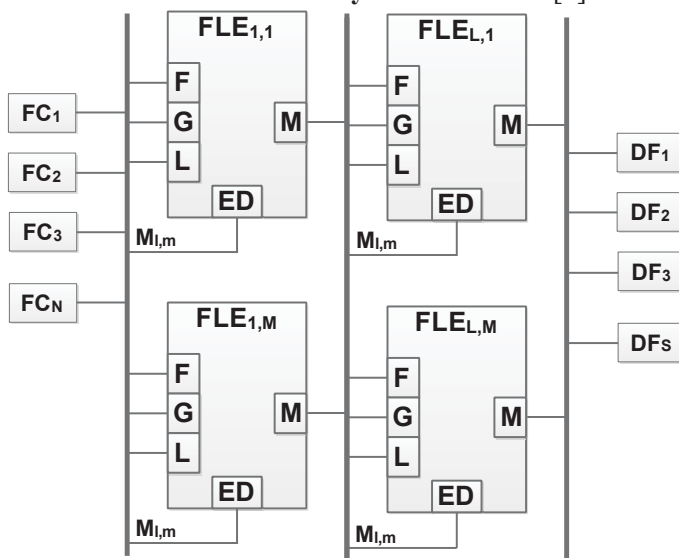


Fig. 2. Structura unui sistem de calcul evolutiv.