КОДИРАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА РАЗМИТА СИСТЕМА

д-р Пенка В. Георгиева
Бургаски свободен университет

CODING THE PARAMETERS OF A FUZZY SYSTEM

Penka V. Georgieva, PhD
Burgas Free Universiti

Анотация. *Прогнозирането е ключов елемент от процеса на вземане на решения. Възможността да се анализират неконтролируемите аспекти на различни по характер събития е важен фактор в този процес. Развитието на компютърните технологии води до появата на нови методи за прогнозиране, един от които са размитите системи. В настоящата работа е показан един етап от създаването на генетична размита система, а именно кодирането на лингвистичните променливи на размитата система FSSAM.*

Ключови думи: *генетичен алгоритъм, размита система, хибридна система*

Abstract. *Predicting is a key element of the process of decision making. The ability to analyse the uncontrollable aspects of different types of events is an important factor in this process. The development of computer technologies leads to the emergence of new methods of predicting, such as fuzzy systems. This work shows a step in the creation of genetic fuzzy system, namely coding of linguistic variables of the fuzzy system FSSAM.*

Key words: *genetic algorithm, fuzzy system, hybrid system*

Увод

Размитите системи са в състояние да наподобят човешкия начин за вземане на решения, чрез представяне и обработване на неясна и неточна информация с размити множества. Описанието на размита система съдържа три модула:

1) размитите терми лингвистичните променливи, определящи семантиката на правилата;
2) размитите правила, определящи как изходният резултат се получава при съответните стойности на входните променливи;
3) операторите за агрегация и дефъзификация.

При създаване на размита система, най-лесно се създава нейната концептуална архитектура, а най-много време и усилия се влагат при настройване на всички параметри на системата така, че да се получат надеждни резултати. В случай, че такова настройване на параметрите на размитата система може да се реализира софтуерно, то това би било незаменимо предимство при създаването на приложения с размита логика. В тази статия е представен етап от такова настройване на параметрите с генетични алгоритми. Резултатът от комбиниране на генетични алгоритми с размита логика е хибридна система. Такива хибридни системи са два вида.

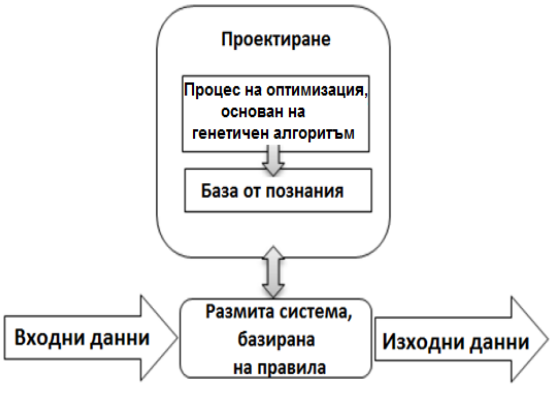
- *Размит генетичен алгоритъм*

Използват се средствата на размитата логика, за да бъде подобрена работата на генетичния алгоритъм, изменяйки различните му параметри. Размитата логика се

прилага както при търсенето в пространството от решения, така и при локално търсене на генетичния алгоритъм [10], [11]. Управлението на параметрите на генетичния алгоритъм подобрява неговата ефективност и скоростта на сходимост. Съществуват множество такива системи, като например размита система, настройваща параметрите на генетичния алгоритъм и избора на генетични оператори [9]. Съществен аспект на този подход е намирането на баланс между изчислителните ресурси, разпределени между размитата логика и генетичните алгоритми [3].

- *Генетична размита система*

Генетичните алгоритми се прилагат върху размита система с цел оптимизиране на нейните параметри. Фигура 1 представя обща схема на генетична размита система [7].



Фиг. 1. Генетична размита система

В случай, че архитектурата на размитата система, дефиниционните области на лингвистичните променливи и използваните оператори са известни, са възможни следните ситуации:

1) правилата са дефинирани, но размитите променливи са неизвестни или параметрите им са определени след краен брой опити и грешки;
2) смислова интерпретация на правилата е достатъчно добре известна, но отношенията между входните и изходните променливи, т.е. правилата са неизвестни;
3) не са известни нито размитите променливи, нито правилата и всички те трябва да бъдат получени.

Във всяка от тези ситуации генетичният алгоритъм се прилага по различен начин. В това изследване размитата система е вече създадената FSSAM (*F*uzzy *S*oftware *S*ystem for *A*sset *M*anagement) [1], [4], [5]. Тази система (фиг. 2) е от първия вид, тъй като параметрите на размитите лингвистични променливи са определени след опити и грешки. Целта е да се намерят оптимални стойности на тези параметри. Тъй като функциите на принадлежност са гладки, то традиционните оптимизационни методи са приложими, но използването на генетични алгоритми за целта има известни предимства.

Реални данни от фондова борса

Модул за обработване на данните

Модул за пресмятане на *Q*

(*Fuzzy System*)

Модул за конструиране на портфейли

Фиг. 2. Размита система FSSAM

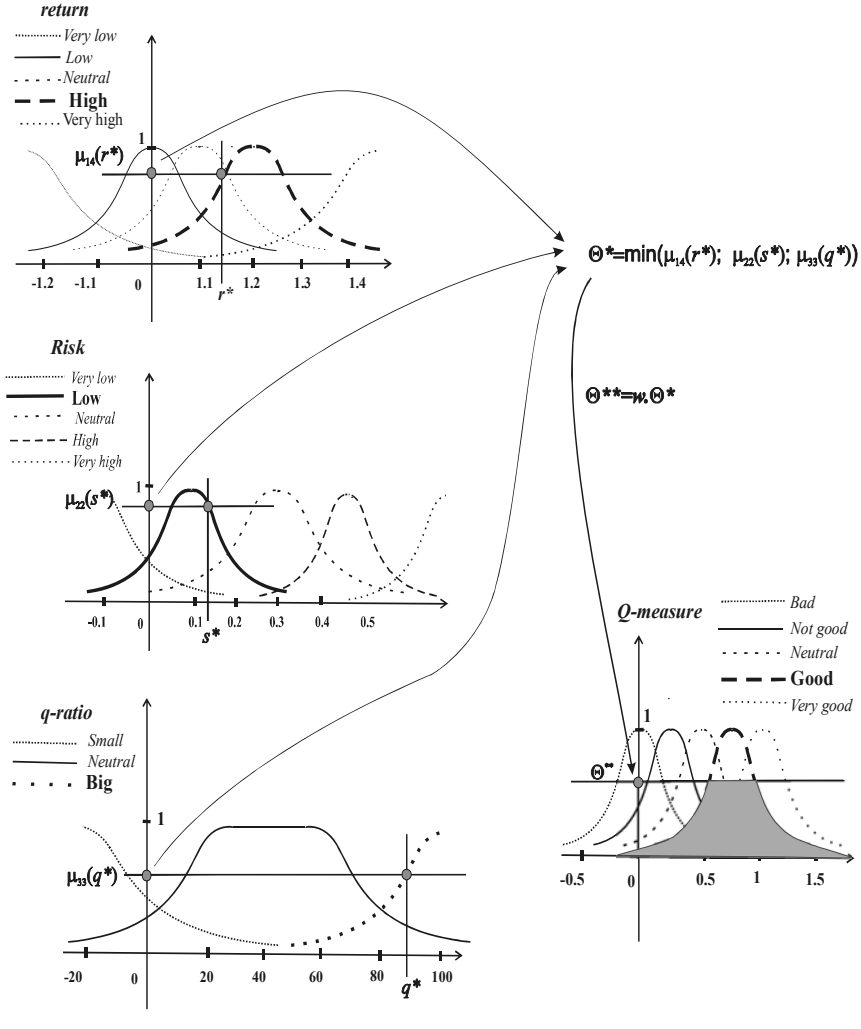
Лингвистичните променливи, които се използват в размитата система, базирана на правила (модул за пресмятане на Q (фиг. 3)) съдържат различен брой терми, които имат различни функции на принадлежност със съответни параметри. Подробното им описание може да бъде намерено в [1].

Използват се следните три вида функции на принадлежност:

$$gaussian(x, \alpha, \beta) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^2},$$

$$bell(x, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-\gamma}{\alpha}\right|^{2\beta}},$$

$$sig(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha.(x-\beta)}}$$



Фиг. 3. Модул за пресмятане на Q

Задача на генетичния алгоритъм

Всяка оптимизационна задача може да се сведе до намиране на $x_0 \in X$, такова че

$$f(x_0) = \sup_{x \in X} f(x),$$

където X е пространството на търсене и $f : X \to R$ е целева функция.

Когато за оптимизация се използват генетични алгоритми, първо се дефинират кодираща и декодираща функции

$c: X \to S$ и $\bar{c}: S \to X$,

където S е множество от бинарни стрингове и $c \circ \bar{c} \equiv id_c$,

и тогава *задачата на генетичния алгоритъм* е:

да се намери $s_0 \in S$, такова че

$$\bar{f}(s_0) = \sup_{x \in S} \overline{f(s)},$$

където $\bar{f} := f \circ \bar{c}$.

При реализиране на генетичния алгоритъм се следват следните стъпки:

1) **избор на кодиране;**
2) избор на първо поколение;
3) определяне на степента на пригодност;
4) повторения на
   - селекция;
   - кръстосване;
   - мутация;
   - определяне на степента на пригодност до достигане на желаната пригодност или брой на поколенията. [8], [6]

В тази статия е разгледана само първата стъпка – кодирането.

Кодиране на размити множества

За използване на генетичен алгоритъм всички лингвистичните променливи трябва да бъдат представени като двоичен стринг, като всяка от тях е дефинирана върху интервал и се състои от краен брой терми със съответните функции на принадлежност.

Кодиране на краен интервал $[a; b]$

Кодирането на интервала $[a; b]$ се реализира с две преобразования:

1) прилага се кодиращата функция $c_{m,[a;b]}$, която се дефинира по следния начин

$$c_{m,[a;b]} : [a; b] \to \{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$$

$$c(x) = \left\lfloor (2^m - 1)\frac{x - a}{b - a} \right\rfloor,$$

където m е дължината на двоичния стринг;

2) полученото цяло число $c(x)$ се записва като двоичен стринг.

Например, ако $m = 8$ и $[a;b] = [-0{,}3\,;\,0{,}5]$, то кодиращата функция е

$$c_{8,[-0{,}3\,;\,0{,}5]}: \quad [-0{,}3\,;\,0{,}5] \quad \longrightarrow \quad \{0, 1, 2, \ldots, 255\}$$

$$c(x) = \lfloor 31{,}875x + 9{,}5625 \rfloor$$

Декодиране на краен интервал $[a;b]$

Декодирането се реализира също с две преобразования:

1) двоичният стринг се записва като десетично число x ;
2) за така дефинираната кодираща функция $c_{m,[a;b]}$, съответната декодираща функция е обратното съответствие $d_{m,[a;b]}$:

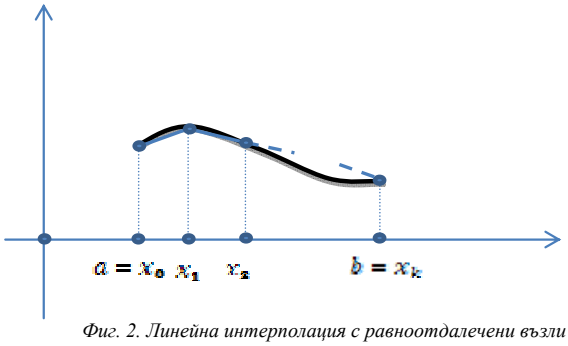
$$d_{m,[a;b]}: \quad \{0, 1, 2, \ldots, 2^m - 1\} \quad \longrightarrow \quad [a;b]$$

$$d(x) = a + \frac{b-a}{2^m - 1}x \ .$$

Така е изпълнено условието $c \circ d = id_{\{0,1,2,\ldots,2^m-1\}}$.

Кодиране на функции на принадлежност, дефинирани върху реален интервал $[a;b]$

Един директен начин за кодиране на функции на принадлежност, дефинирани върху реален интервал $[a;b]$, е чрез линейна интерполация върху равноотдалечени възли (фиг. 4). Възлите се кодират с прилагане на функцията $c_{m,[a;b]}$, а за коя да е функция на принадлежност се използват стойностите й в съответните възли и кодирането им чрез $c_{m,[0;1]}$.



Фиг. 2. Линейна интерполация с равноотдалечени възли

Проблемът, който възниква при интерполация, е в голямата дължина на всеки от двоичните стрингове. По тази причина е по-подходящо да се търси друг подход.

Ако функцията на принадлежност е триъгълна, то кодирането й може да се опрости и вместо интерполация, да се кодират само трите реални числа, които я задават. В случай на трапецовидна функция на принадлежност се кодират нейните четири параметъра [2].

Кодиране на лингвистичните променливи на FSSAM

За прилагане на генетичен алгоритъм върху размитата система FSSAM трябва да се кодират диференцируеми функции – Гаусова функция, функция на Бел и сигмоидална функция:

$$gaussian(x,\alpha,\beta) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^2}, \qquad bell(x,\alpha,\beta,\gamma) = \frac{1}{1+\left|\frac{x-\gamma}{\alpha}\right|^{2\beta}}, \qquad sig(x,\alpha,\beta) = \frac{1}{1+e^{-\alpha.(x-\beta)}} .$$

Вместо кодиране на функционални стойности, както това става при интерполиране, могат да се кодират само параметрите на тези функции – при което за гаусовата и сигмоидалната функция се кодират само два параметъра (α,β), а при функцията на Бел – три (α,β,γ). За кодирането на параметрите на гаусовата функция се използват $c_{m,[a,b]}(\alpha)$ и $c_{m,[a,b]}(\beta)$. При кодирането на параметрите на функцията на Бел се използват $c_{m,[a,b]}(\gamma)$, $c_{m,[a,b]}(\alpha)$ и $c_{m,[a',b']}(\beta)$. Аналогично, при кодирането на параметрите на сигмоидалната функция се използват $c_{m,[a,b]}(\beta)$ и $c_{m,[a,b]}(\alpha)$. За всяка от функциите a, b, a' и b' са долната и горна граници на изменение на съответния параметър. В таблица 1 са показани интервалите на изменение, кодиращите функции и двоичното представяне на параметрите на термите X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14} и X_{15} на входната променлива $T(X_1)$ на размитата система FSSAM. Термите на другите входни променливи $T(X_2)$ и $T(X_3)$, и на изходната променлива $T(Y)$ се кодират аналогично.

При генетичните алгоритми хромозомите представляват набор от гени, които са кодирани променливи. Всяка хромозома представлява допустимо решение на поставената задача. Множеството от различни хромозоми съставят текущото поколение. Чрез еволюционни операции (селекция, рекомбинация и мутация) се достига до следващото поколение. При създаването на генетична размита система освен кодирането на променливите е необходимо да се кодират размитите правила и да се дефинира целевата функция, след което се повтарят операторите на генетичния алгоритъм.

Лингвистична променлива	Терм	Функция на принадлежност	Кодираща функция	Двоично представяне
	$[a;b] = [0;3]$		$c_{[a;b]} = c(x) = \lfloor 85x$	
	$[a;b] = [-30;30]$		$c_{[a;b]} = c_1(x) =$ $= 4{,}25x + 122{,}5$	
$T(X_1)$	X_{11}	$sig(x;-20;0{,}08)$	$c_1(-20) = 37$ $c(0{,}08) = 6$	*00100101* *00000110*
	X_{12}	$gausstan(x;0{,}5;0{,}4)$	$c(0{,}5) = 42$ $c(0{,}4) = 34$	*00101010* *00100010*
	X_{13}	$gausstan(x;1{,}5;0{,}6)$	$c(1{,}5) = 127$ $c(0{,}6) = 51$	*01111111* *00110011*
	X_{14}	$gausstan(x;2{,}5;0{,}4)$	$c(2{,}5) = 212$ $c(0{,}4) = 34$	*11010100* *00100010*
	X_{15}	$sig(x;20;2{,}92)$	$c_1(20) = 207$ $c(2{,}92) = 248$	*11001111* *11111000*

Табл. 1. Кодиране на термите на входната променлива $T(X_1)$ *на FSSAM*

Селекция

В природата селекцията на индивиди се извършва чрез естествен подбор. Колкото по-приспособен е даден индивид към околната среда, толкова по-голям е шансът му да оцелее и да създаде потомство, като по този начин предаде генетичната си информация на следващото поколение. При еволюционните алгоритми селекцията на най-добрите индивиди става въз основа на функцията на пригодност, даваща оценка на конкретния индивид. Съществуват разнообразни методи за селекция.

Рекомбинация

При генериране на ново поколение първата операция, която се прилага е рекомбинацията. При нея гените от родителите формират изцяло нова хромозома. Типичната рекомбинация при генетичните алгоритми е операция, изискваща два родителя. Целта на операцията е новата хромозома да е по-добра от двамата родители, като вземе най-добрите характеристики от всеки от тях.

Мутация

Новосъздаденото чрез селекция и рекомбинация потомство може да бъде подложено на мутация. При биологичните видове мутациите променят елементи от ДНК, като тези промени са породени главно от грешки при копирането на гените от родителите. При генетичните алгоритми мутацията е произволна промяна на стойността на ген в поколението.

Заключение

Еволюционните пресмятания се прилагат при решаване на задачи с различна сложност. Поради свойството им адаптивност, те са приложими при решаване както на нелинейни оптимизационни задачи, така и за многомерни задачи.

В настоящата статия е показан първият етап от реализирането на самостоятелна софтуерна генетична размита система, а именно избор на кодираща и декодираща функции. Следващите стъпки при създаване на такава система са:

- кодиране на базата от правила;
- декодиране;
- софтуерно реализиране;
- тестване.

Приложенията на хибридна система от вида генетична размита система могат да се използват в много области, особено в ситуации на подпомагане на процеса за вземане на решения, тъй дават възможност да се анализират неконтролируемите аспекти на различни по характер събития.

Литература

1. Георгиева, П. Изследване на модели на софт компютинг за управление в реално време, Академик Дринов, София, 2013г.
2. Георгиева, Пенка В. Настройване на параметрите на система FSSAM с генетичен алгоритъм, Списание „Компютърни науки и комуникации”, Том 4, No 1 (2015), БСУ, Бургас
3. Bonissone P., T. Chen, K. Goebel, Hybrid Soft Computing Systems: Industrial and Commercial Applications., IEEE Proceedings, Special Issue on Computational Intelligence, 1999, vol. 87
4. Georgieva P., I. Popchev, Application of Q-measure in Real Time Fuzzy System for Managing Financial Assets, International Journal on Soft Computing (IJSC) Vol.3, No.4, November 2012
5. Georgieva P., Ivan Popchev, Fuzzy Logic Q-measure Model for Managing Financial Investments, COMPTES RENDUS DE L ACADEMIE BULGARE DES SCIENCES, vol. 66(5), 2013
6. Herrera F., Ten Lectures on Genetic Fuzzy Systems, URL: http://www.researchgate.net/profile/Ulrich_Bodenhofer/publication/2453876_Ten_Lectures_on_Genetic_Fuzzy_Systems/links/09e4150bde4e4a190f000000.pdf
7. Kendel, A. Fuzzy Expert Systems, Florida, USA: CRC Press, 1991
8. Konar, A. Artificial Intelligence and Soft Computing Behavioral and Cognitive Modeling of the Human brain, CRC Press, 2000
9. Lee M.A., H. Tagaki, Dynamic control of genetic algorithm using fuzzy logic techniques, in Proc.Fifth Int. Conf. on Genetic Algorithms, pp. 76-83. Morgan Kaufmann, CA. 1993.
10. Surmann H., A. Kanstein, K. Goser, Self-Organizing and Genetic Algorithms for an Automatic Design of Fuzzy Control and Decision Systems, in Proc. EUFIT'93, pp. 1097-1104, Aachen, Germany, 1993
11. Ye Z., L.Gu, A Fuzzy System for Trading the Shanghai Stock Market in Trading on the Edge, Neural, Genetic, and Fuzzy Systems for Chaotic Financial Markets, G.J Deboeck, Ed. New York: Wiley, 1994

Пенка Вълкова Георгиева, гл. ас., д-р
Бургаски свободен университет, Бургас, Сан Стефано 62
pgeorg@bfu.bg