

## РАЗМИТА СИСТЕМА ЗА ИЗВОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ФИНАНСОВИ АКТИВИ

Пенка Вълкова Георгиева, Бургаски свободен университет

### FUZZY INFERENCE SYSTEM FOR FINANCIAL ASSET ASSESSMENT

Penka Valkova Georgieva, Burgas Free University

**Abstract:** *One important key to successful financial management is the proper estimation of asset prices. Tools of soft computing can be used to model inference systems for supporting the process of investment decision making. In this paper a fuzzy inference system built the FLQM model for financial asset assessment is presented and the output results are compared with results from Markowitz model.*

**Key words:** *soft computing, fuzzy inference system, FLQM model, FSSAM*

#### 1. Въведение

Оценяването на бъдещото изменение на цените на финансовите активи е от изключителна важност в инвестиционния процес. В повечето инвестиционни модели, основани на исторически данни, като основни измерители на качеството на активите се използват техните възвращаемост и риск [1], [2], [3], [5], [10], [11] и др.

В [14] е представена софтуерната система FSSAM за управление на финансови активи (фиг. 1), изградена от три модула:

- модул за събиране и съхраняване на данните;
- модул размита логика;
- модул за конструиране на инвестиционни портфейли.

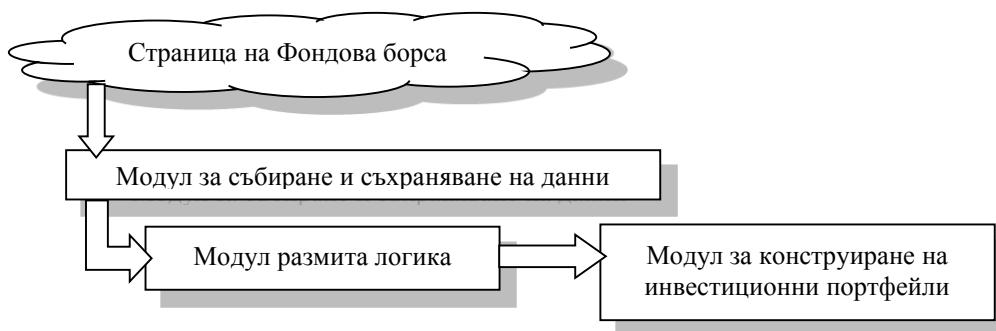
Модулът за събиране и съхраняване на данни има следните функционалности: отправят се заявки към уеб сървър на фондовата борса; извършва се извличане на данните от свалените страници от фондовата борса; данните се записват в базата от данни, като липсващите данни се попълват чрез дописване на последната наблюдавана котировка и се пресмятат характеристиките възвращаемост, риск и  $q$ -ratio. [9]

В модула размита логика за всеки актив от базата от данни се извличат неговият код и трите характеристики и се прилага моделът FLQM [8]: пресмятат се съответните степени на принадлежност за характеристиките към размитите променливи; прилагат се размити правила за получаване на размита променлива  $Q$ -measure; след деразмиване за всеки актив се получават съответните стойности на  $Q$ , които се добавят в базата от данни. [6]

В модула за конструиране на инвестиционни портфейли потребителят въвежда две стойности: инвестиционна сума  $S$  и максимален брой активи  $K$ ; за всеки актив от базата от данни се извличат неговият код, характеристики и стойност на  $Q$ ; активите се сортират в намаляващ ред според  $Q$ ; от така получения списък се генерират

всевъзможните комбинации от активи; които се записват в базата от данни и се извършва процедура по алокация, ако е необходимо. [7]

Автоматичното стартиране на софтуерната система се постига с Windows Task Scheduler.



Фигура 1. Схема на софтуерна система за управление на финансови активи FSSAM

## 2. Архитектура на размитата система

При проектирането на всяка размита система за изводи се следват основните четири етапа при правене на размит извод:

- изчисляване на входните данни за всяко правило;
- получаване на извод за всяко правило;
- агрегиране на всички изводи;
- деразмиване.

Ако в базата от размити правила има  $n$  на брой правила;  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  са размити променливи, то машината за размит извод следва схемата:

Правило 1: Ако  $\alpha \in A_1$  и  $\beta \in B_1$ , то  $\gamma \in C_1$

Правило 2: Ако  $\alpha \in A_2$  и  $\beta \in B_2$ , то  $\gamma \in C_2$

.....

Правило  $n$ : Ако  $\alpha \in A_n$  и  $\beta \in B_n$ , то  $\gamma \in C_n$

Факт:  $\alpha \in A'$  и  $\beta \in B'$

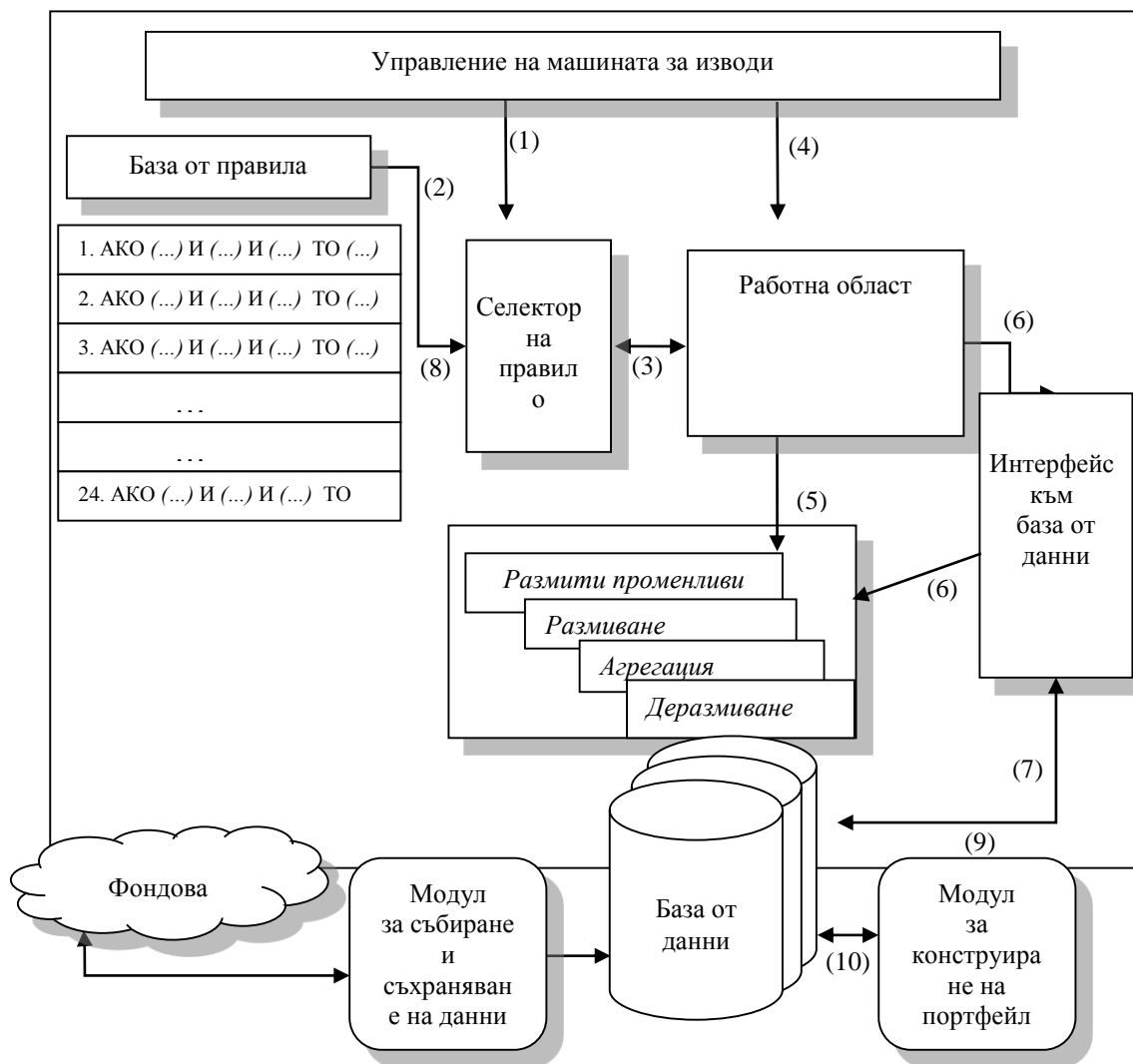
---

Извод:  $\gamma \in C'$

От наличните правила и фактите ( $\alpha \in A'$  и  $\beta \in B'$ ) се прави извода  $\gamma \in C'$ , където  $A'$ ,  $A_i$ ,  $B'$ ,  $B_i$ ,  $C'$  и  $C_i$  са размити множества.

На фигура 2 е показана схема на архитектурата на създадената размита система за изводи, в която софтуерно е реализиран моделът FLQM.

Модулът за събиране и съхраняване на данни, се обръща към съответната страница на фондовата борса. Получените от там данни и допълнително изчислените им характеристики се записват в базата данни. След това управлението на машината за изводи активира селектора на правило, като в базата от правила има 24 правила, които се избират последователно. Избраното правило се копира в работната област и се създава негова инстанция, като се задействат изчислителните процедури, свързани с размиване на входните променливи и получаването на извод от всяко правило.



Фигура 2. Управление на размита система за изводи, основана на модела FLQM:

- (1) активиране на селектора;
- (2) избор на правило;
- (3) копиране на шаблона;
- (4) активиране на правилото;
- (5) обръщане към Модул Размита логика:  
Размити променливи, Размиване, Агрегация,  
Деразмиване;
- (6) връзка с интерфейса;
- (7) четене от базата от данни;
- (8) обработване на следващото правило;
- (9) записване на резултата в базата от данни;
- (10) конструиране на портфейли.

Интерфейсът реализира връзката между базата от данни и размитата машина за изводи. След изпълнение на всички правила следва агрегация и деразмиване.

### 3. FLQM модел за оценка на финансови активи

Получените от базата от данни стойности на входните променливи за всеки актив се размиват, т.е. се пресмята степента на принадлежност към всеки от термите на съответните входни лингвистични променливи.

В модела FLQM има три входни променливи: възвращаемост, риск и  $q$ -ratio и една изходна променлива -  $Q$ -measure, като съответните лингвистичните променливи са  $X_1 \triangleq return$ ,  $X_2 \triangleq Risk$ ,  $X_3 \triangleq q$ -ratio и  $Y \triangleq Q$ -measure.

Дефиниционните множества на четирите лингвистични променливи съвпадат с множеството от реални числа, т.е.  $U_{X_1} = U_{X_2} = U_{X_3} = U_Y = R$ .

Терм-множествата на тези лингвистични променливи са съответно  $T(X_1) = \{X_{1j}\}$ ,  $T(X_2) = \{X_{2j}\}$ ,  $T(X_3) = \{X_{3k}\}$ ,  $T(Y) = \{Y_j\}$  за  $j=1, \dots, 5$ ;  $k=1, 2, 3$  и

$$X_{ij} \triangleq \begin{pmatrix} \text{Very low} & i = 1, 2 & j = 1 \\ \text{Low} & i = 1, 2 & j = 2 \\ \text{Neutral} & i = 1, 2 & j = 3 \\ \text{High} & i = 1, 2 & j = 4 \\ \text{Very high} & i = 1, 2 & j = 5 \\ \text{Small} & i = 3 & j = 1 \\ \text{Neutral} & i = 3 & j = 2 \\ \text{Big} & i = 3 & j = 3 \end{pmatrix}; \quad Y_j \triangleq \begin{pmatrix} \text{Bad} & j = 1 \\ \text{Not bad} & j = 2 \\ \text{Neutral} & j = 3 \\ \text{Good} & j = 4 \\ \text{Very good} & j = 5 \end{pmatrix}$$

За дефиниране на функциите на принадлежност в FLQM модела се използват следните три вида функции  $\mu_G(x) = gaussian(x, \beta, \alpha)$ ;  $\mu_B(x) = bell(x, \alpha, \beta, \gamma)$ ;  $\mu_S(x) = sig(x, \alpha, \beta)$  със съответни стойности на параметрите [14].

В модела FLQM е използвана размита система за изводи от тип Мамдани, като резултат от действието на такава система се получава размита изходна променлива [4], [14].

Размитите правила моделират процеса за вземане на решения и в случая имат вида:

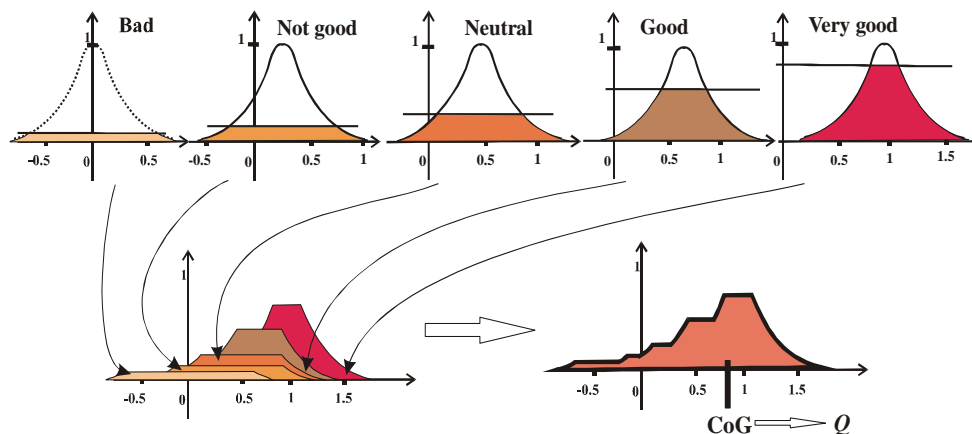
$$\text{АКО } (r^* \in X_{1i}) \text{ И } (s^* \in X_{2j}) \text{ И } (q^* \in X_{3k}) \text{ ТО } (Q\text{-measure} \in Y_p)$$

$$\text{за } i=1, \dots, 5; j=1, \dots, 5; k=1, \dots, 3 \text{ и } p=1, \dots, 5.$$

Тъй като моделът FLQM има три входни променливи със съответно 5, 5 и 3 терма, то всички възможни правила са 75. От тях са избрани 24, при което е следвано експертно мнение. Въпреки че тези правила адекватно описват най-важните ситуации, които биха могли да възникнат в процеса на вземането на инвестиционно решение, списъкът на размитите правила може да бъде удължен, без да се налага промяна на архитектурата на модела.

При агрегацията на правилата на всяка наредена тройка от стойности на входните променливи се съпоставя степен на принадлежност към съответния терм на изходната променлива със съответно тегло.

След изпълнението на всяко правило се получават различни степени на принадлежност за всеки от термите на изходната променлива  $Q$ -measure. При агрегацията от тези стойности се получава изходната величина (фиг. 3). Като метод на деразмиване е избран методът на центъра на тежестта, като при програмното реализиране на модела за числено пресмятане на интегралите е използван методът на правоъгълниците.



Фигура 3. Агрегация и деразмиване за получаване на стойността на  $Q$  на финансов актив

#### 4. Резултати

Описаната система е използвана за оценяване на активи, търгувани на Българската фондова борса. От проведените многобройни тестове, тук ще бъдат показани резултати за данни от 20.06.2012 г. При конструиране на портфейли, първо се извършва сортиране в низходящ ред в зависимост от стойността на  $Q$  на търгуваните активи. С двадесетте и пет актива, за които стойността на  $Q$  е най-голяма е конструиран портфейл при инвестиционен капитал 100 000 лв. Характеристиките на този портфейл са: възвращаемост  $R_p = 1,4652573$ ; риск  $s_p = 0,0185322$ ;  $Q$  на конструирания портфейл 0,7583479 и неизползван капитал е 232,27 лв.

За проследяване на инвестиционен портфейл във времето на следващия ден е конструиран портфейл само от първите десет актива с инвестиционен капитал отново 100 000 лв. Изменението на капитала след инвестиране в този портфейл е показано в таблица 1.

Име	Брой	Дял	20.06.2012		02.07.2012	
			Цена	Сума	Цена	Сума
3JU	204	0,10196994	50,00	10200,00	45,012	9182,45
5ORG	111	0,09991100	90,00	9990,00	90,00	9990,00
6A6	5742	0,09991006	1,74	9991,08	1,783	10237,99
BLKC	22300	0,09990622	0,448	9990,40	0,48	10704,00
4EC	5400	0,09990151	1,85	9990,00	1,91	10314,00
SO5	5708	0,09990047	1,75	9989,00	1,875	10702,50
5BD	13228	0,09987639	0,755	9987,14	0,738	9762,26
5BN	2588	0,09963701	3,85	9963,80	4,07	10533,16
57B	211	0,09951558	47,00	9917,00	48,6	10254,60
55B	211	0,09947182	47,00	9917,00	42,52	8971,72
<b>общо</b>		<b>1</b>		<b>99935,42</b>		<b>100652,68</b>
			<b>разлика</b>			<b>717,26</b>
			<b>16.07.2012</b>		<b>15.08.2012</b>	
Цена	Сума	Цена	Сума	Цена	Сума	
45.012	9182.45	49	9996.00	60	12240	
90	9990.00	81	8991.00	81	8991	
1.81	10393.02	2.018	11587.36	2.02	11598.84	
0.53	11819.00	0.705	15721.50	0.685	15275.5	
1.91	10314.00	1.989	10740.60	2.02	10908	
1.705	9732.14	1.705	9732.14	1.754	10011.832	
0.798	10555.94	0.88	11640.64	0.956	12645.968	
4.5	11646.00	4.75	12293.00	5.28	13664.64	
47.5	10022.50	52	10972.00	59	12449	
44.5	9389.50	51.95	10961.45	52.5	11077.5	
<b>общо</b>			<b>112635.69</b>		<b>118862.28</b>	
<b>разлика</b>			<b>3109.13</b>		<b>18926.86</b>	
			<b>12700.27</b>		<b>18926.86</b>	

Таблица 1. Тримесечно изменение на портфейл, конструиран от 10 актива с най-голяма стойност на  $Q$  на 21.06.2012

При конструиране на портфейла на 21.06.2012 неизползваният капитал е 64.58 лв., което е 0.064568%. След 15 дни (02.07.2012) цената на портфейла нараства с 717.26 лв. до 100 652.68 лв. Нормата на възвращаемост за периода е 0.72%, а съответната годишна норма на възвращаемост е 17.23%. След 1 месец (16.07.2012) цената на портфейла е нараснала общо с 3109.13 лв., т.е. нормата на възвращаемост за периода е 3.11% и годишната е 37.33%. След 2 месеца (15.08.2012) цената на така направената портфейлна инвестиция е нараснала вече с 12 700.27 лв., което е 12.71% норма на възвращаемост за периода и 76.25% за годината. След 3 месеца (14.09.2012) цената е нараснала с 18 926.86 лв., което означава, че норма на възвращаемост за периода е 18.94% и 75.76% за годината.

За проверка на ефективността на системата на същата дата (21.06.2012) са конструирани два инвестиционни портфейла по модела на Марковиц, като е използвана процедурата, описана в [15], при която последователно активите с отрицателни дялове са изключват. Първоначално инвестираната сума отново е 100 000 лв. Активите, техните дялове в портфейлите и изменението на инвестираната сума са показани в таблица 2.

Портфейл 1				Портфейл 2			
Име	Дял	Цена	Сума	Име	Дял	Цена	Сума
4BJ	0,0929	1	9290	4BJ	0,0515	1	5150
4PX	0,5442	24,101	54396	4PX	0,5473	24,101	54709
C81	0,3629	0,249	36290	C81	0,4011	0,249	40110
<b>общо</b>	<b>1</b>		<b>99976</b>		<b>0,9999</b>		<b>99969</b>
<i>разлика</i>			<b>-24</b>				<b>-31</b>

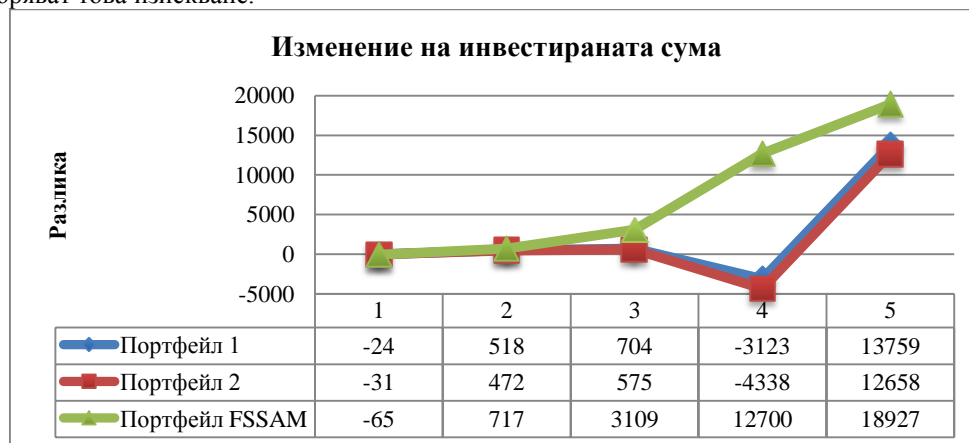
Таблица 2. Портфейли, конструирани по модела на Марковиц

Получените резултати са илюстрирани на фигура 4. За периода от 21.06.2012 до 10.07.2012 доходността на портфейла, получен от FSSAM малко надвишава доходността на двата портфейла, получени по модела на Марковиц.

След това, от 11.07.2012 до 20.08.2012 доходността и на двата портфейла, получени по Марковиц значително намалява, като дори става отрицателна, докато доходността на портфейла от FSSAM показва съществен ръст.

В следващия, последен от наблюдаваните, период портфейлите получени по модела на Марковиц започват плавно да увеличават доходността си, като се наблюдава сближаване с доходността на портфейла, получен по FSSAM.

Периодът, за който системата FSSAM е настроена да дава надеждни резултати (положителна доходност) е 2 месеца. Както се вижда от сравнението, получените от FSSAM резултати напълно удовлетворяват това изискване.



Фигура 4. Сравнение на изменението на инвестираната сума

### 5. Заключение и бъдещо развитие

Резултатите показват, че моделът FLQM е ефективно реализиран и може да бъде успешно прилаган като средство за подпомагане на инвеститорския процес.

За удобство на инвеститора е добре системата да се реализира като уеб-базирано приложение, както и да се анализират различни съвкупности от размити правила.

**Литература**

- [1] Йорданов Й., *Финансови инвестиции*. Варна: Лотос 23, 2009
- [2] Пътев П., Н. Канарян, *Управление на портфейла*. Велико Търново: Абагар, 2008
- [3] Стоилов Т., З. Иванова, К. Стоилова, *Портфейлна оптимизация - информационна услуга в интернет*. София: Академично издателство "М. Дринов", 2005
- [4] Angelova V., "Investigations in the Area of Soft Computing," *CIT*, vol. 9, pp. 18-24, 2009
- [5] Campbell J., A. Lo, C. MacKinlay, *The Econometrics of Financial Markets.*: Princeton University Press, 1996
- [6] Georgieva P., I. Popchev, "Application of Q-measure in Real Time Fuzzy System for Managing Financial Assets," *IJSC*, vol. 3, no. 4, pp. 21-38, 2012
- [7] Georgieva P., I. Popchev, "Cardinality Problem in Portfolio Selection," in *ICANNGA'13, LNCS 7824*, pp. 208–217, Lausanna, 2013
- [8] Georgieva P., I. Popchev, "Fuzzy Q-measure Model for Managing Financial Investments," *Compus Rendus Acad. Bulg. Sci.* , vol. 66, 2013
- [9] Georgieva P., N. Chaney, A. Andonov, K. Dudinov, "Managing Real Time Financial Data," in *XVIII International Symposium SIELA*, vol. 2, 2012, pp. 379-386
- [10] Haugen R., *Modern Investment Theory*. NJ: Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 2000
- [11] Markowitz H., "Portfolio Selection," *The Journal of Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77-91, 1952
- [12] McCarthy J., *Artificial Intelligence, Logic and Formalizing Common Sense.*: Stanford, 1990
- [13] Peneva V., I. Popchev, "Multicriteria Decision Making Based on Fuzzy Relations," *CIT, BAS*, vol. 8, no. 4, 2008
- [14] Георгиева П., *Изследване на модели на софт компютинг за управление в реално време*. София: Академично издателство "проф. Марин Дринов", 2013
- [15] Георгиева П., "Минимизиране на риска при управление на инвестиционен портфейл," *Бизнес посоки*, vol. 2, pp. 35-40, октомври 2005