

## ПРИНЯТИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

САХАРОВ Д.Г.

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

### Аннотация

Социально-экономическое развитие Российской Федерации, как и любой другой страны, в первую очередь зависит от проводимой в ней инвестиционной политики. В современных условиях важную роль в ней играет инвестиционная политика государства, которая направлена на повышение инвестиционной привлекательности ключевых отраслей экономики. Для постройки модели оценки инвестиционной привлекательности в статье использовалась совокупность финансовых коэффициентов крупных и малых машиностроительных предприятий Челябинской области. Отбор финансовых коэффициентов производился при помощи использования статистических методов анализа. На основе нечетко-множественного анализа рассчитан комплексный показатель инвестиционной привлекательности за три сопоставимых периода 2016, 2015, 2014 годы, произведен выбор предприятия из машиностроительной отрасли для осуществления инвестиций.

### Ключевые слова

Нечеткие множества, инвестиции, инвестирование, инвестиционное развитие.

### Введение

В 1965 году Л.А.Заде (Lotfi A. Zadeh), профессор информатики Калифорнийского Университета в Беркли (Berkeley), ввел в науку понятие нечетких множеств (fuzzy set), давшее название одноименной теории (fuzzy logic) [1].

Нечетко-множественный анализ (матричный метод) рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности предприятия основан на построении комплексной финансовой оценки не в поле количественных оценок, а на основе нечетких описаний качественных признаков [2].

Он позволяет перейти от оценки отдельных финансовых показателей операционной, инвестиционной и финансовой деятельности предприятия к их интегральной оценке. Данный подход к комплексной оценке финансов предприятия на основе перехода от классического вероятностного распределения к вероятностному распределению с нечеткими параметрами, что снимает жесткое допущение к статистической однородности данных по выборке, является свободным от недостатков подхода, характерных для факторных моделей. Параметры накопленной статистики факторов могут меняться с течением времени, однако в пределах одного

парадигмального периода эти изменения не будут иметь скачкообразного характера, т. е. менять уровень качества [2].

Для оценки инвестиционной привлекательности часто недостаточно простой количественной оценки финансовых показателей, а необходима экономическая интерпретация этих значений. Разные показатели могут изменяться разнонаправлено, и в процессе мониторинга финансового состояния желательно "свернуть" наборы исследуемых финансовых показателей в один комплексный [2].

Комплексный показатель инвестиционной привлекательности предприятия устанавливается на системе предпочтений одних групп факторов над другими, и в каждой группе одних факторов над другими [2].

В нашем случае, для целей оценки инвестиционной привлекательности предприятия, предпочтительной для инвестора является группа показателей рентабельности:

- рентабельность собственного капитала ( $R_{СК} - ROE$ );
- рентабельность реализованной продукции ( $R_p$ );
- рентабельность производственных фондов ( $R_{пф}$ );
- рентабельность продаж ( $R_{п}$ ).

Особую значимость инвесторы уделяют показателю ROE. В модели финансовые коэффициенты расположены в порядке убывания их значимости, чтобы выполнялось правило (1).

$$r_1 \geq r_2 \geq \dots r_n, \quad (1)$$

где  $r_n$  – финансовые показатели.

Таким образом, применяя метод Фишберна, мы присвоили весовую значимость каждому коэффициенту из группы факторов рентабельности, остальные коэффициенты модели являются равноценными. Весовая значимость по Фишберну определяется по формуле (2)

$$r_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, \quad (2)$$

где N – общее количество факторов;  
i – номер текущего фактора.

Правило Фишберна отражает тот факт, что об уровне значимости показателей неизвестно ничего, кроме того, что каждый последующий коэффициент обладает меньшей значимостью, чем предшествующий – формула (1) [3].

Таким образом, можно построить рисунок предпочтения одних групп факторов над другими – рис. 1.

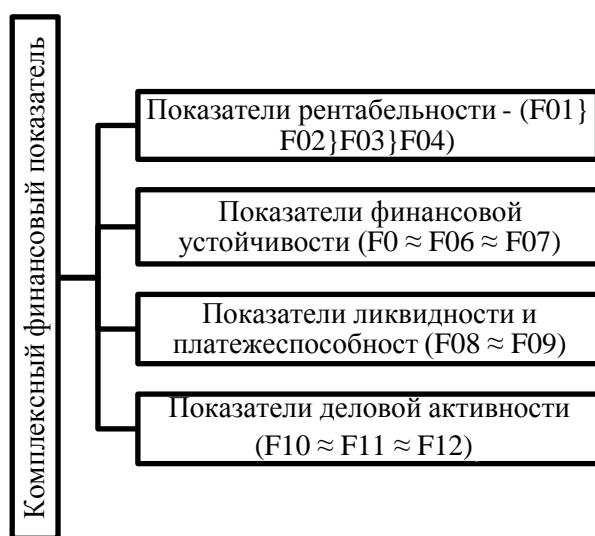


Рис. 1. Агрегирование финансовых показателей по степени предпочтения и построение комплексного показателя

Исходя из рис.1 и формулы (2) задается удельный вес каждого показателя, расчет весов ( $r_i$ ) необходим для расчета комплексного финансового показателя по формуле двойной свертки – табл. 4.

Удельный вес факторов F01, F02, F03, F04 = 0.15, 0.14, 0.13, 0.12 соответственно. Удельный вес факторов F05 – F12 = 0.0575, так как эти показатели являются равнозначными.

Проведение нечетко множественного анализа матричным методом происходит в несколько этапов

Первый этап – подбор исходных данных, в первую очередь отбираются коэффициенты. В разработанной модели отбор финансовых коэффициентов происходил путем проведения корреляционного анализа, чтобы

исключить коэффициенты, которые с вероятностью 70% отвечают за одни и те же стороны финансовой деятельности.

Финансовые показатели, которые подвергаются оценке на первом этапе, могут быть разбиты на четыре группы показателей:

- 1) показатели рентабельности,
- 2) показатели финансовой устойчивости,
- 3) показатели ликвидности и платежеспособности,
- 4) показатели деловой активности.

Вторым этапом является постройка границ классов финансовых показателей.

При разработке метода для оценки инвестиционной привлекательности предприятий машиностроительной отрасли было исследовано 21 предприятие Челябинской области, основным видом деятельности

которых является производство машин и оборудования. Таким образом, были

построены границы классов финансовых показателей (табл.1).

Таблица 1

Границы классов финансовых показателей

Код параметра	Значения границ классов											
	Нн	ОНк	НСРн	Нк	СРн	НСРк	ВСРн	СРк	Вн	ВСРк	ОВн	Вк
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F01	-36,32	0,213	0,629	0,72	1,47	2,23	2,35	2,68	3,60	4,12	5,49	11,88
F02	-0,08	-0,082	-0,075	-0,02	0,03	0,04	0,07	0,08	0,10	0,11	0,16	0,23
F03	-6,8	-0,35	0,035	0,05	0,15	0,53	0,95	1,18	1,38	1,39	1,61	2,27
F04	-12,95	-0,038	0,017	0,02	0,03	0,07	0,08	0,09	0,10	0,14	0,19	0,19
F05	0	0,002	0,006	0,02	0,05	0,11	0,20	0,20	0,31	0,33	0,52	1,39
F06	-8,2	0,312	0,374	0,38	0,47	0,56	0,77	1,00	1,02	1,03	3,56	3,56
F07	-1,9	-0,114	0,04	0,06	0,08	0,13	0,27	0,36	0,37	0,38	0,85	0,96
F08	0,14	0,298	0,38	0,50	0,57	0,87	0,94	1,08	1,37	1,46	3,42	16,67
F09	0	0,006	0,008	0,01	0,03	0,04	0,16	0,17	0,21	0,41	0,87	2,48
F10	4,65	12,444	14,634	18,72	20,10	22,59	24,55	26,28	27,59	32,16	39,92	80,60
F11	9,9	27,432	32,258	36,21	41,60	66,58	101,00	103,70	142,60	182,24	255,31	318,05
F12	-27,28	13,345	21,52	22,37	24,38	42,29	54,37	75,81	87,87	176,54	316,10	553,80
Xj	0,07	0,15	0,23	0,31	0,38	0,46	0,52	0,6	0,69	0,77	0,84	0,92

Применяя предлагаемые значения границ классов финансовых показателей, определяем значение лингвистической переменной  $x_i$  соответствующих термножеств (ОН, Н, НСР, СР, ВСР, В, ОВ) финансового показателя по формуле (3)

$$x_i = x_j + \frac{F_{i,\phi} - F_{i,j}}{F_{i,j+1} - F_{i,j}} (x_{j+1} - x_j), \quad (3)$$

где  $x_i$  – значение лингвистической переменной,

$x_j$  – значение абсциссы начальной точки (Нн, ОНк, НСРн, Нк, СРн, НСРк, ВСРн, СРк,

Вн, ВСРк, ОВн, Вк) соответствующего j-ого класса (ОН, Н, НСР, СР, ВСР, В, ОВ),

$F_i, \phi$  – фактическое значение i-го показателя,

$F_i, j$  – значение i-ого показателя на границе j-ого класса (ОН, Н, НСР, СР, ВСР, В, ОВ).

Третий этап – определение функции принадлежности  $\mu_t(F)$ . Нечеткая классификация финансовых коэффициентов проводится на основе «Семипозиционного классификатора качественных уровней трапецидального вида», представленного на рис. 2. Он состоит из 7-и классов (термножеств) значений финансового показателя:

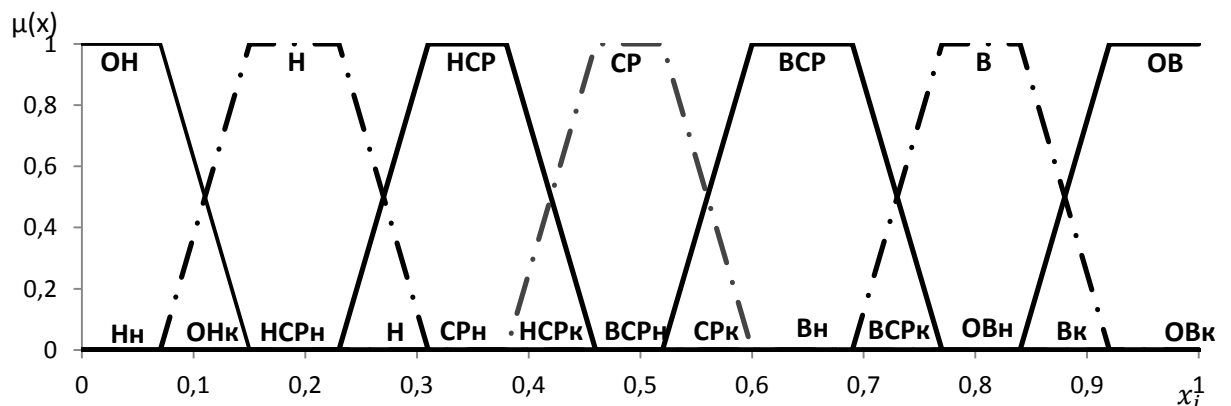


Рис. 2 Нечеткий классификатор, определенный на единичном интервале

Каждому графику присваивается своя функция принадлежности для расчета уровня принадлежности количественных групп факторов к тем или иным качественным классам.

Четвертый этап – результаты количественной оценки функции принадлежности  $\mu(x)$ , применяются для двумерной свертки, как в пределах каждой группы (рентабельность, финансовая устойчивость, ликвидность и платежеспособность, деловая активность), так и интегрального показателя в целом по формуле двойной свертки (4)

$$F = \sum_{i=1}^N r_i \sum_{j=1}^5 a_i \mu_{ij}(x_i), \quad (4)$$

где  $r_i$  – вес  $i$ -ого показателя в свертке с весами Фишберна;

$a_j$  – веса узловых точек стандартного симметричного единичного классификатора (0.05, 0.19, 0.35, 0.5, 0.65, 0.8, 0.95);

$\mu_{ij}(x_i)$  – значение функции принадлежности  $j$ -ого качественного уровня (класса) текущего значения  $i$ -ого фактора.

Пятый этап – агрегирование данных на разных уровнях иерархии производится по матричному принципу (таблица 2).

Таблица 2

Расчетные матрицы для группы факторов

Обозначение показателя	вес	Результат классификации по подмножествам $a_i$						
		ОН	Н	НСР	СР	ВСР	В	ОВ
$a_i$		0,05	0,19	0,35	0,5	0,65	0,8	0,95
$F_1$	$r_1$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	$\mu_{13}$	$\mu_{14}$	$\mu_{15}$	$\mu_{16}$	$\mu_{17}$
$F_i$	$r_j$	$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	$\mu_{i3}$	$\mu_{i4}$	$\mu_{i5}$	$\mu_{i6}$	$\mu_{i7}$
$F_n$	$r_N$	$\mu_{N1}$	$\mu_{N2}$	$\mu_{N3}$	$\mu_{N4}$	$\mu_{N5}$	$\mu_{N6}$	$\mu_{N7}$
итого		$\sum r_i \cdot \mu_{i1}$	$\sum r_i \cdot \mu_{i2}$	$\sum r_i \cdot \mu_{i3}$	$\sum r_i \cdot \mu_{i4}$	$\sum r_i \cdot \mu_{i5}$	$\sum r_i \cdot \mu_{i6}$	$\sum r_i \cdot \mu_{i7}$

В табл.2 строками матрицы являются факторы (группы факторов рентабельности, финансовой устойчивости, ликвидности и платежеспособности, деловой активности), столбцы – пять качественных уровней (ОН, Н, НСР, СР, ВСР, В, ОВ), а на пересечениях строк и столбцов находятся уровни принадлежности количественных уровней факторов к тем или иным качественным классам.

Используя данный метод, нами был произведен анализ трех машиностроительных предприятий за несколько

сопоставимых периодов – 2016, 2015 и 2014 годы:

- АО «Завод Дормаш»;
- ЗАО «ЧСДМ»;
- ООО «Уральский завод спецтехники».

Рассчитан комплексный показатель инвестиционной привлекательности по формуле (4).

Рейтинг инвестиционной привлекательности для АО «Завод Дормаш», ЗАО «ЧСДМ», ООО «Уральский завод спецтехники» (таблица 3).

Таблица 3

Рейтинг инвестиционной привлекательности

№ п/п	Наименование предприятия								
	АО «Завод Дормаш»			ЗАО «ЧСДМ»			ООО «Уральский завод спецтехники»		
Период	2016	2015	2014	2016	2015	2014	2016	2015	2014
Значение показателя	0.16	0.36	0.37	0.20	0.38	0.25	0.27	0.28	0.42

Значение показателя для АО «Завод Дормаш» в 2016 году составило 0.16 пункта, в 2015 году 0.36 пункта, в 2014 году 0.37 пункта.

Значение показателя для ЗАО «ЧСДМ» в 2016 году составило 0.20 пункта, в 2015 году 0.38 пункта, в 2014 году 0.25 пункта.

Значение показателя для ООО «Уральский завод спецтехники» в 2016 году составило

0.27 пункта, в 2015 году 0.28 пункта, в 2014 году 0.42 пункта.

Таким образом, наибольшим рейтингом инвестиционной привлекательности в 2016

году является ООО «Уральский завод спецтехники», для наглядности данные представлены на рис. 3.

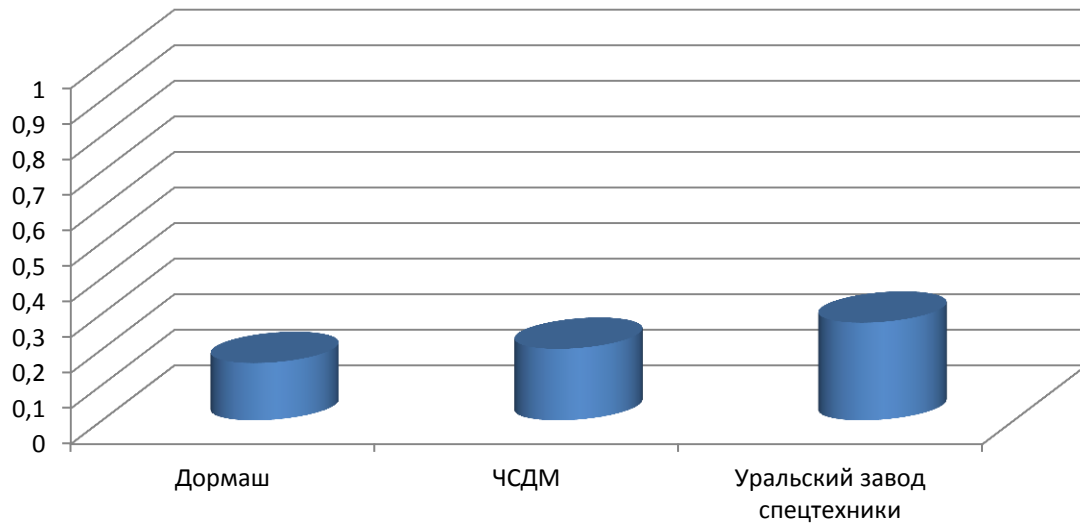


Рис. 3. Динамика по предприятиям за 2016 год

#### Заключение

Модель нечетко-множественного анализа инвестиционной привлекательности позволяет построить модель в зависимости от индивидуальных особенностей отрасли, исследуя динамику развития всей отрасли в микро- и макро-масштабах, что дает ей преимущества над другими методиками.

При анализе инвестиционной привлекательности предприятий АО «Завод Дормаш», ЗАО «ЧСДМ», ООО «Уральский завод спецтехники» комплексный показатель инвестиционной привлекательности за 2016

составил 0.16, 0.20, 0.27 соответственно, за 2015 составил 0.36, 0.38, 0.28 соответственно, за 2014 составил 0.37, 0.25, 0.42 соответственно.

Наибольшей инвестиционной привлекательностью отмечается завод ООО «Уральский завод спецтехники» в 2016 и 2014 годах, в 2015 году ЗАО «ЧСДМ».

Наименьшей инвестиционной привлекательностью характеризуется в 2016 году ЗАО «ЧСДМ», в 2015 году ООО «Уральский завод спецтехники», в 2014 году также ЗАО «ЧСДМ».

#### Литература:

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility Systems: tutorial. - Holland: publishing house North-Holland, 1978. - 34 p.
2. Плужников, В.Г. Антикризисное управление: учебное пособие / В.Г. Плужников - Челябинск.: Изд-во ЮУрГУ, 2016. - 164 с.
3. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений: учебное пособие / П. Фишберн - М.: Наука, 1978. - 352 с.
4. Банк, В.Р. Финансовый анализ: учебное пособие / В.Р. Банк, С.В. Банк, А.В. Тараскина - М.: Проспект, 2006.-344с.
5. Волгина, Н. А. Экономика труда / Н.А. Волгина, Ю.Г. Одегова. - М.: Проспект, 2008. - 736 с.
6. Silvola H., Low-intensity R&D and capital budgeting decisions in it firms, Advances in Management Accounting. - N.: Emerald Group Publishing Limited, 2006. - 49 с.
7. Шайхутдинов, Э.Р. Повышение инвестиционной привлекательности предприятия: опыт, практика / Э.Р. Шайхутдинов, - <https://fd.ru/articles/40965-povyshenie-investitsionnoy-privlekatelnosti-predpri-yatiya-opyt-praktika>

**Сахаров Дмитрий Геннадьевич** – студент группы ЭУ-311 кафедры экономики и управления на предприятиях строительства и землеустройства высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; e-mail: Dmitriysak92@mail.ru.

Дата поступления 10 ноября 2017 г.

## INVESTMENT DECISION-MAKING BASED ON THE THEORY OF FUZZY SETS

**D.G. SAKHAROV**

South Ural State University, Chelyabinsk

### **Abstract:**

Social and economic development of the Russian Federation, like of any other country, most significantly depends on its investment policy. Under current conditions, an important role is played in it by the state investment policy, which is aimed at increasing investment attractiveness of the key economy sectors.

To build a model for assessing investment attractiveness, the article used a combination of financial ratios of large and small machine-building enterprises in the Chelyabinsk region. Selection of financial ratios was made using statistical methods of analysis. On the basis of fuzzy-multiple analysis, a comprehensive index of investment attractiveness for three comparable periods of 2016,2015,2014 .

In order to assess the investment attractiveness of an enterprise, the paper provides a set of characteristics (indices) and uses fuzzy sets analysis to select an enterprise within the engineering industry to invest in.

### **Keywords:**

Fuzzy sets, investments, investing, investment development

### **References:**

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility Systems: tutorial - Holland: publishing house North-Holland, 1978. - 34 p.
2. Pluzhnikov V.G. Anticrisis management: tutorial. - Chelyabinsk.: YuUrGU Press, 2016. - 164 p.
3. Fishburn P. Utility theory for decision making: tutorial - М.: Nauka Press, 1978. - 352 p
4. V.R. Bank, S.V. Banl, A.V. Taraskina. Financial analysis: tutorial. - М.: Prospekt Press, 2006. - 344 p.
5. N.A. Volgina, Yu.G. Odegova. Labor Economics. - М.: Prospekt Press, 2008. - 736 p.
6. Silvola H. , Low-intensity R&D and capital budgeting decisions in it firms, Advances in Management Accounting / H.Silvola - N.: Emerald Group Publishing Limited, 2006. - 49 p.
7. Shaikhutdinov E.R. Increase of the investment attractiveness of the enterprise: experience, practice. - <https://fd.ru/articles/40965-povyshenie-investitsionnoy-privlekatelnosti-predpri-yatiya-opyt-praktika>

**Sakharov Dmitriy Gennadievich** - student of the EU group - 311 of the Department of Economics and Management at the Construction and Land Management Enterprises of the Higher School of Economics and Management, South Ural State University, Chelyabinsk; e-mail: Dmitriysak92@mail.ru.

Received 10 November 2017

---

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

CITATION EXAMPLE

---

Сахаров, Д.Г. Принятие инвестиционных решений на базе теории нечетких множеств / Д.Г. Сахаров// *Журнал управление инвестициями и инновациями.* – 2017. – №4. Стр. 93–99. DOI: 10.14529/iimj170414

D.G. SAKHAROV. Investment Decision-Making Based on the Theory of Fuzzy Sets. / *Investment and Innovation Management Magazine.* – 2017 – No. 4. Pp. 93–99. DOI: 10.14529/iimj170414

---