

# Математическая модель управления отраслью региона на основе анализа ее финансово-экономических показателей

С. О. Крамаров, Н.А. Рутта, Л.В. Сахарова, Р.С. Усатый

**Аннотация** — В настоящей статье предложена методика, которая может быть положена в основу автоматизированного программного комплекса, позволяющего: 1) оценить финансово-экономическое состояние заданной отрасли региона на основе открытых источников данных и нечеткой логики; 2) исследовать корреляционные зависимости между финансовыми коэффициентами на основе методов корреляционного анализа и систем нечетко-логических выводов; 3) осуществить нечетко-когнитивный анализ отрасли с целью формирования управленческой стратегии. Предложенная концепция формирования стратегии управленческой политики апробирована на предприятиях ИТ – отрасли Ростовской области. Результатом моделирования является набор рекомендаций по формированию управленческих мероприятий, обеспечивающих улучшение финансово-экономической ситуации в отрасли по всем группам предприятий. Предложенная методика представляет собой комплекс математических моделей, алгоритмов и программных средств для автоматического управления сложными системами в условиях полной неопределенности в приложении к финансово-экономическому состоянию отрасли. Она может быть адаптирована к решению аналогичных задач в экономике, социологии, биологии и прочих отраслях знания, связанных с исследованием случайных процессов и необходимостью управления ими.

**Ключевые слова** — финансовые коэффициенты, корреляционный анализ, когнитивная матрица взаимного влияния, нечеткая когнитивная модель.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений финансово-экономического анализа являются методики финансово-хозяйственной деятельности предприятия [1]. Они являются фундаментом методологий управления экономикой страны в целом, а также ее секторами [2]. Одним из важнейших инструментов финансово-экономического анализа являются финансовые коэффициенты. Исследование их абсолютных величин, а также их динамики и различных отношений позволяет судить о состоянии предприятия. [3]. Совокупное влияние всех показателей на итоговую оценку состояния предприятия учитывается в методе интегральных оценок [4]. Соответствующие модели, Альтманом [5, 6], Лисом [7], Дикиным [8], Таффлером и Тишоу [9], Спрингетом [10], Фулмером [11], Сайфуллиным и Кадыковым [12], Зайцевым [13], Давыдовой и Беликовым [14]

отличаются разнообразием методик и областей применения.

В работах [15 – 17] осуществлен анализ результатов применения соответствующих моделей к данным финансовой отчетности российских предприятий. Выявлено, что построенные оценки не всегда хорошо согласованы между собой. Кроме того, они оценки имеют ряд недостатков, связанных с субъективностью экспертных оценок и учетом специфических особенностей предприятия и отраслей. Выходом из данной ситуации является агрегирование оценок на основе методов нечеткой логики [18 - 20]. Основы теории нечетких множеств изложены в работах Лофти Заде [21], и развиты последователями при разработке экономических моделей [22 - 24], показавших высокую точность, гибкость и модифицируемость.

За основу таких моделей в финансово-экономическом анализе могут быть взяты спектр-балльные модели, хорошо разработанные, например, в «Методике анализа финансового состояния организации» Audit-IT (ПО «Ваш финансовый аналитик») [25, 26]. В качестве исходного материала для анализа соответствующее программное обеспечение использует находящуюся в открытом доступе бухгалтерскую отчетность предприятий. Итогом работы программ является развернутый анализ устойчивости, платежеспособности и эффективности деятельности предприятия, а также вывод о его финансово-экономическом состоянии в целом; кроме того, результатом являются рекомендации, ориентированные на потенциальных кредиторов и деловых партнеров.

Однако, в настоящее время практически отсутствуют программы, позволяющие осуществлять анализ отдельной отрасли производства по ОКВЭД, а также осуществлять программную поддержку принятия управленческих решений для государственного регулирования как финансовыми, так нефинансовыми инструментами.

Авторами статьи разработан программный комплекс, позволяющий осуществлять расчет агрегированных финансовых коэффициентов заданной отрасли, а также прибыли, уплаченных налогов и социальных выплат, на основе алгоритмов нечеткой логики и парсинга данных с сайта TestFirm [27 -29]. Для агрегирования использованы системы нечетких многоуровневых [0,1] – классификаторов, представляющих собой частный случай операторов упорядоченного взвешенного усреднения (OWA), параметризованного класса операторов агрегации среднего типа, введенных

Рональдом Р. Ягером [30,31]. Это параметризованный класс операторов агрегации среднего типа. Если определены веса операторов OWA, то будут получены специальные операторы агрегации, такие как операторы max, среднего арифметического и минимума [32,33]. С тех пор, как он появился, он привлек большое внимание со стороны большого числа известных ученых-исследователей [34-36].

Недосекиным А.В. были введены в рассмотрение нечеткие многоуровневые  $[0,1]$  – классификаторы, как частный случай классификаторов Ягера [37-39]. Именно этот тип классификаторов и использован авторами для формирования комплексных оценок на основе совокупности разнородных показателей статья [27 - 29].

Следующим этапом работы является разработка методики принятия управленческих решений на основе полученных оценок. На основе анализа интернет-источников [40], в том числе сайта Корпорации Малого и среднего предпринимательства (МСП) [41, 42] и портала «Мой бизнес» был составлен следующий список государственных мер, направленных на повышение значений финансовых показателей отрасли. Установлено соответствие между применяемыми мерами, как инструментами воздействия на финансово-экономические показатели отрасли, и значениями нечетких лингвистических переменных, описывающих каждый из показателей.

Для проведения анализа ситуации, отражающей влияние друг на друга отдельных финансово-экономических показателей, а также прогнозирования развития ситуации при целевом воздействии на управляемые показатели применен аппарат нечетко-когнитивного моделирования [43-45], обладающего большими, по сравнению с обычным когнитивным моделированием, возможностями, для моделирования сложных слабоструктурированных систем. Наиболее перспективной нечетко-когнитивной моделью в настоящее время является модель Силова В.Б. [46], основанная на построении нечетких когнитивных матриц взаимного влияния. В настоящей работе предлагается модифицировать модель за счет построения соответствующей матрицы на основе корреляционной матрицы финансово-экономических показателей.

Анализ литературы показал, что существующие исследования корреляционных связей между финансовыми показателями имеют частный характер, и относятся, как правило, к методам диагностики финансово-экономического состояния отдельного предприятия [47 - 49]. Наиболее распространены исследования зависимостей финансовых коэффициентов в моделях прогнозирования финансового банкротства предприятия [50, 51]. Отсутствуют материалы, на основании которых можно было бы говорить об установленных корреляционных зависимостях между финансовыми коэффициентами отдельной отрасли.

Таким образом, проведенный анализ литературы позволил сделать следующие выводы.

1. В настоящее время существует хорошо разработанный комплекс инструментов финансово-

экономического анализа отдельных предприятий для практики, с целью оценки состояния организации, прогнозирования ее развития, корректировки управления ею.

2. Имеется развитый арсенал средств автоматического финансового анализа отдельных предприятий, как отечественных, так и зарубежных.

3. Методы теоретического финансового анализа включают в себя широкий спектр регрессионных и спектр-балльных моделей оценки состояния предприятия, в том числе, его финансовой устойчивости, ликвидности, риска банкротства и т.д. Одной из наиболее разработанных отечественных моделей оценки является «Методика анализа финансового состояния организации» Audit-IT (ПО «Ваш финансовый аналитик»).

4. Методики отраслевого финансового анализа, как зарубежные, так и отечественные, основаны на вычислении неких средних отраслевых показателей, на основании которых осуществляется анализ состояния отдельных организаций, оценка их характеристик в настоящий момент и прогнозирование в будущем.

5. Универсальные модели, позволяющие провести финансово-экономический анализ отрасли, подобный анализу отдельных предприятий, не найдены. Отсутствуют также программные средства, позволяющие оценить состояние заданной отрасли на основе данных бухгалтерской отчетности отдельных предприятий, спрогнозировать ее развитие в будущем и выдвинуть комплекс мер по корректировке ее состояния в интересах оптимального управления регионом.

6. В качестве перспективного инструмента оценки состояния финансово-экономических систем следует отметить нечеткие классификаторы, позволяющие строить оценки системы на основе комплекса показателей, с учетом весовых коэффициентов и мнений экспертов. Приоритет следует отдать нечетким многоуровневым  $[0,1]$  - классификаторам, новизна которых состоит в возможности агрегирования большого количества разнородных показателей. Их алгоритм указывает путь для корректного построения нечетко-логических моделей комплексной оценки состояния систем на основе существующих интегральных балльных моделей.

Поэтому задачей настоящей статьи является разработка методики, положенной в систему программного комплекса, позволяющего оценить финансово-экономическое состояние заданной отрасли региона на основе открытых источников данных и нечеткой логики; исследовать корреляционные зависимости между финансовыми коэффициентами на основе методов корреляционного анализа [52-57] и систем нечетко-логических выводов; осуществить нечетко-когнитивный анализ [58] отрасли с целью формирования управленческой стратегии.

## II. МОДЕЛЬ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

### *Математический аппарат оценки корреляции между переменными.*

Корреляция предназначена для изучения степени взаимосвязи между двумя рассматриваемыми переменными. Коэффициент корреляции является мерой для количественной оценки такой степени взаимосвязи переменных. Как правило, в приложениях используются два коэффициента корреляции, а именно: коэффициент Пирсона и коэффициент ранговой корреляции Спирмена [52- 54].

**Коэффициент Пирсона** описывает линейную зависимость между двумя количественными переменными. Формула для его вычисления имеет следующий вид:

$$r_{xy} = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \left( \sum_{i=1}^N X_i \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^N Y_i \right)}{\sqrt{\left( N \sum_{i=1}^N X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N X_i \right)^2 \right) \cdot \left( N \sum_{i=1}^N Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N Y_i \right)^2 \right)}}$$

где  $r_{xy}$  – сила корреляции между переменными  $x$  и  $y$ ;  $N$  – объем выборки;  $X$  – значения  $x$ -переменной;  $Y$  – значения переменной  $y$ ;  $XY$  – произведения каждой оценки переменной  $x$  и соответствующей оценки переменной  $y$ .

Помимо коэффициентов Пирсона и Спирмена могут быть использованы коэффициенты Кремера, Чупрова, Кенделла и другие. Однако все существующие коэффициенты корреляции отражают одномоментную связь между величинами, и отсутствует соответствующий математический аппарат для исследования корреляции между двумя переменными, отраженными временными рядами. Поэтому в настоящей работе предложен подход, позволяющий строить агрегированные коэффициенты корреляции за ряд лет на основе аппарата нечеткой логики, как описано ниже.

**Агрегирование показателей на основе системы нечетко-логических выводов – нечетких многоуровневых классификаторов.** Использование среднего арифметического показателей может привести к компенсации значений противоположных знаков и, соответственно, неверным выводам. Указанная проблема является одной из наиболее существенных препятствий при расчете комплексных значений показателей. Наиболее перспективным выходом из ситуации является агрегирование данных на основе математического аппарата нечеткой логики.

Предлагается для агрегирования результатов использовать систему нечетко-логических выводов – стандартных восьмиуровневых –  $[0,1]$  – классификаторов. Указанный тип классификаторов использован в данной работе в двух вариантах: для агрегирования временных рядов и построения оценки на основе выборки.

Для агрегирования временных рядов использована лингвистическая переменная «сила корреляции»  $G = \{G1, G2, G3, G4, G5, G6\}$ , где термы определены следующим образом:  $G1$  – «связь отсутствует»,  $G2$  – «слабая связь»,  $G3$  – «умеренная связь»,  $G4$  – «заметная связь»,  $G5$  – «высокая связь»,  $G6$  – «весьма высокая

связь» (в соответствии со стандартной шкалой Чеддока). Функции принадлежности каждого из термов имеют форму, соответствующую нечеткому трапезоидному числу  $x = (a, b, c, d)$ :

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b; \\ 1, & b \leq x < c; \\ \frac{x-d}{c-d}, & c \leq x < d; \end{cases}$$

Функции принадлежности, представленные нечеткими трапециевидными числами.

В соответствии с правилами формирования оценок на основе  $K$ -уровневого нечеткого классификатора, переход к весам термов лингвистической переменной  $g =$  «комплексная оценка состояния системы» имеет вид:

$$p_l = \sum_{i=1}^N k_i \mu_l(X_i), \quad l = 1, \dots, K.$$

Тогда значение самой оценки  $\gamma$  имеет вид:

$$g = \sum_{l=1}^K p_l \bar{g}_l,$$

где  $\bar{g}_l$ , узлы классификатора, определены формулой. Заключительный этап – вычисление  $\mu(g)$  и ее лингвистическое распознавание в соответствии с заданным терм-множеством.

**Агрегирование финансово-экономических показателей по группам.** Материалом для анализа являются основные финансово-экономические показатели отдельных предприятий отрасли, критерии оценки которых стандартны и подробно приведены на сайте TestFirm. Для агрегирования финансово-экономических показателей по группам используется следующий алгоритм. Вводится в рассмотрение лингвистическая переменная  $S$  – «оценка коэффициента  $X_i$ ». Ей соответствует терм-множество  $S = \{S1, S2, S3, S4, S5\}$ , где значение термов следующее:  $S1$  = «значение коэффициента (ЗК)  $X_i$  критическое»;  $S2$  = «ЗК  $X_i$  неудовлетворительное»;  $S3$  = «ЗК  $X_i$  удовлетворительное»;  $S4$  = «ЗК  $X_i$  хорошее»;  $S5$  = «ЗК  $X_i$  отличное». Для каждого из термов строится трапециевидная функция принадлежности на основе фаззификации стандартных оценок. из исследуемых финансово-экономических коэффициентов. При этом в качестве совокупности показателей для агрегирования выступают значения коэффициентов  $X_{ij}$ ,  $j=1, 2, \dots, N$ ,  $N$  – количество предприятий в группе, то есть имеющиеся коэффициенты предприятий, входящих в группу. Инструмент агрегирования – стандартный нечеткий пятиуровневый классификатор. В качестве весовых коэффициентов при агрегировании выступает доля выручки каждого из предприятий в суммарной выручке по рассматриваемой группе.

**Когнитивная модель** построена на основе стандартной методики Силова В.Б. [46].

**Этапы применения методики формирования рекомендаций по государственному регулированию отрасли:** 1) сбор данных о финансово-экономическом состоянии отрасли в регионе на основе открытых источников данных, их очистка и разбиение по группам предприятий (по количеству персонала – Микропредприятия, Мини-предприятия, Малые

предприятия, Средние предприятия, большие предприятия); 2) расчет агрегированных значений финансово-экономических оценок отдельных групп на основе нечетких многоуровневых [0,1] – классификаторов; 3) расчет матриц корреляции (Пирсона) финансово-экономических коэффициентов по годам, оценка степени тесноты связей, формирование матриц агрегированных оценок степени связи; 4) проведение структурного и сценарно-целевого анализа отрасли, формирование списка рекомендаций.

### III. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программное решение для реализации первых трех пунктов осуществляется на основе программного комплекса (унифицированный язык структурного анализа и проектирования [58]) для финансово-экономического анализа, реализованного тремя базовыми модулями:

1) Модуль загрузки данных (data loading module). Реализует графический пользовательский интерфейс и программную обработку процесса импорта исходных расчетных данных из электронных таблиц Excel.

2) Модуль коэффициентного анализа (coefficient analysis module). Основной модуль, который на основе нечетко-логического агрегирования финансово-экономических коэффициентов получает комплексную нечетко-множественную оценку финансового состояния групп предприятий, формирует выводы и пути коррекции.

3) Модуль корреляционного анализа финансово-экономических коэффициентов.

Модуль корреляционного анализа финансово-экономических коэффициентов находится в разработке, и анализ представленного исследования осуществлен в Excel. Структурный и сценарно-целевой анализ отрасли осуществлен на основе системы поддержки принятия решений «Игла» [59], предназначенной для синтеза, анализа и моделирования стратегий управления сложными, слабо структурированными системами, а также формирования и поддержки гипотез, связанных с поведением данных систем при различных внешних воздействиях.

### IV. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ДЛЯ ИТ-ОТРАСЛИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В результате реализации Этапа 1 и Этапа 2 выполнен анализ финансово – экономического состояния отрасли информационных технологий в Ростовской области. Для оценки использованы данные сайта TestFirm за 2019-2021 годы [26]. Выявлено, что необходимые для анализа данные за 2019 г. имеются у 447 предприятий, при этом у 144 (32 %) предприятий информация отсутствует. За 2020 г. представлена информация по 446 предприятиям, отсутствует информация о 97 (22%) предприятий. За 2021 г. представлена информация только по 336 предприятиям (75% компаний предыдущего года), отсутствует информация по 58 (15%) предприятиям.

Показатели, на основе которых формируется информационная база критериев для нечетко-

множественной комплексной оценки, делятся на четыре базовых группы: 1) показатели финансовой устойчивости: коэффициент автономии, коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, коэффициент покрытия инвестиций; 2) показатели платежеспособности: коэффициент текущей (общей) ликвидности, коэффициент быстрой (промежуточной) ликвидности, коэффициент абсолютной ликвидности; 3) показатели рентабельности деятельности: рентабельность продаж, норма чистой прибыли, рентабельность активов; 4) прибыль, сумма уплаченных налогов и страховых выплат.

Результаты реализации Этапа 1 и Этапа 2 методики представлены в виде таблиц сравнительного анализа показателей финансовой устойчивости, платежеспособности и эффективности деятельности, по группам предприятий (Рисунок 1).

Информация  
Таблица №4015-15-7 регион: Ростовская область, 2021 год Кол-во записей: 362

Сравнительный анализ показателей финансовой устойчивости

| Группа предприятий           | Коэффициент автономии | Коэффициент обеспеченности оборотными средствами | Коэффициент покрытия инвестиций | Средняя оценка |
|------------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|----------------|
| Микропредприятия (0-5)       | 0,27903               | -0,56073   | 0,36874                         | 0,0287232      |
|                              | неуд                  | критич   | неуд                            | критич         |
| Минипредприятия (6-10)       | 0,49088               | 0,35107  | 0,49089                         | 0,4398372      |
|                              | удовл                 | неуд   | удовл                           | удовл          |
| Малые предприятия (11-15)    | 0,56889               | 0,39944  | 0,59785                         | 0,5168394      |
|                              | удовл                 | неуд   | удовл                           | удовл          |
| Средние предприятия (16-50)  | 0,63654               | 0,60498  | 0,63654                         | 0,6197998      |
|                              | хор                   | хор  | хор                             | хор            |
| Большие предприятия (50-100) | 0                     | 0  | 0                               | 0              |
| **                           | 0                     | 0  | 0                               | 0              |

Рисунок 1. Сравнительный анализ показателей финансовой устойчивости по группам предприятий (цветом выделяются критические или неудовлетворительные значения)

**Этап 3. Расчет матриц корреляции (Пирсона) финансово-экономических коэффициентов по годам, оценка степени тесноты связей, формирование матриц агрегированных оценок степени связи.** Здесь и далее использованы следующие обозначения:  $k_{1i}$ ,  $i=1,2,3$  – коэффициенты группы устойчивости;  $k_{2i}$ ,  $i=1,2,3$  – коэффициенты группы платежеспособности;  $k_{3i}$ ,  $i=1,2,3$  – коэффициенты группы рентабельности;  $P$  – прибыль;  $N$  – сумма уплаченных налогов;  $C$  – сумма страховых выплат.

**Шаг 1.** Расчет матриц корреляции между финансово-экономическими показателями осуществлен за три года 2019, 2020 и 2021 годы. Расчеты производились в excel на основе трех выборок для каждого года, для выборки из всех предприятий и для групп: Микропредприятия, Малые предприятия, Средние предприятия. Выбор соответствующих групп предприятий обусловлен требованием репрезентативности исследуемой выборки, и группы, представленные слишком малым количеством предприятий были отброшены как непригодные для анализа. Пример матрицы корреляции между основными финансово-экономическими показателями представлен в Таблице 1.

Таблица 1

Матрица корреляции между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области за 2020 год по всей выборке предприятий (366 предприятий)

| 2020 | к11    | к12    | к13    | к21    | к22    | к23    | К31    | К32   | К33   | p     | N     |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| k11  | 1      |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |
| k12  | 0,957  | 1      |        |        |        |        |        |       |       |       |       |
| k13  | 0,964  | 0,904  | 1      |        |        |        |        |       |       |       |       |
| k21  | 0,428  | 0,436  | 0,424  | 1      |        |        |        |       |       |       |       |
| k22  | 0,425  | 0,437  | 0,447  | 0,962  | 1      |        |        |       |       |       |       |
| k23  | 0,414  | 0,410  | 0,393  | 0,843  | 0,934  | 1      |        |       |       |       |       |
| k31  | -0,104 | -0,124 | -0,061 | -0,011 | -0,045 | -0,086 | 1      |       |       |       |       |
| k32  | 0,016  | 0,050  | -0,196 | 0,022  | 0,013  | -0,374 | -0,014 | 1     |       |       |       |
| k33  | 0,008  | 0,047  | -0,204 | 0,044  | 0,036  | 0,003  | -0,015 | 0,985 | 1     |       |       |
| P    | -0,130 | -0,102 | -0,040 | -0,038 | -0,044 | -0,033 | 0,030  | 0,068 | 0,062 | 1     |       |
| N    | -0,128 | -0,090 | 0,090  | -0,033 | 0,064  | 0,085  | 0,029  | 0,014 | 0,018 | 0,980 | 1     |
| C    | -0,131 | -0,096 | 0,005  | -0,036 | -0,018 | -0,056 | 0,032  | 0,011 | 0,016 | 0,982 | 0,997 |

Таблица 5

Матрица оценок степени связи по выборке Средние предприятия (2020 год), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области шкала Чеддока.

|     | к11 | к12 | к13 | к21 | к22 | к23 | К31 | К32 | К33 | p   | N   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| k11 | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| k12 | 1   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| k13 | 1   | 4   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |
| k21 | 2   | 2   | 2   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |
| k22 | 3   | 2   | 2   | 5   | XXX |     |     |     |     |     |     |
| k23 | 2   | 2   | 2   | 5   | 5   | XXX |     |     |     |     |     |
| k31 |     |     | 1   |     | 1   |     | XXX |     |     |     |     |
| k32 |     |     |     | 1   | 1   |     | 4   | XXX |     |     |     |
| k33 |     |     |     |     |     |     | 5   | 1   | XXX |     |     |
| P   | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | XXX |     |
| N   |     |     | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     | XXX |
| C   |     |     | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   |

**Шаг 2.** Для выборки из всех предприятий и для групп Микропредприятия, Малые предприятия, Средние предприятия осуществлена классификация полученных значений коэффициентов корреляции в соответствии со шкалой Чеддока. Полученные значения классов степени связи перечислены в порядке возрастания нумерации годов; Таблица 2 – по всей выборке, за 2019, 2020, 2021 годы; Таблица 3 – Микропредприятия, за 2019, 2020, 2021 годы; Таблица 4 – Малые предприятия за 2019, 2021 годы; Таблица 5 – Средние предприятия за 2020 год. Здесь классы корреляции; 0 – связь отсутствует, 1 – слабая связь, 2 – умеренная связь, 3 – заметная связь, 4 – высокая связь, 5 – весьма высокая связь.

Таблица 2

Матрица оценок степени связи по выборке предприятий (2019, 2020, 2021 годы), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области, шкала Чеддока.

|     | к11     | к12     | к13     | к21     | к22     | к23     | К31     | К32 | К33     | p       | N |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---|
| k11 | XXX     |         |         |         |         |         |         |     |         |         |   |
| k12 | 5, 5, 5 | XXX     |         |         |         |         |         |     |         |         |   |
| k13 | 2, 5, 5 | 2, 5, 5 | XXX     |         |         |         |         |     |         |         |   |
| k21 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | XXX     |         |         |         |     |         |         |   |
| k22 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 5, 5, 5 | XXX     |         |         |     |         |         |   |
| k23 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 4, 4, 5 | 4, 5, 4 | XXX     |         |     |         |         |   |
| k31 | 0, 1, 0 | 0, 1, 0 |         |         | 0, 0, 1 | XXX     |         |     |         |         |   |
| k32 |         |         | 0, 1, 0 |         | 0, 0, 1 | 5, 0, 1 | XXX     |     |         |         |   |
| k33 | 3, 0, 1 | 3, 0, 1 | 1, 1, 1 |         |         | 1, 0, 0 | 1, 5, 0 | XXX |         |         |   |
| P   |         |         |         |         |         |         |         |     | XXX     |         |   |
| N   |         |         |         |         |         |         |         |     | 5, 5, 4 | XXX     |   |
| C   |         |         |         |         |         |         |         |     | 5, 5, 4 | 5, 5, 5 |   |

Таблица 3

Матрица оценок степени связи по всей выборке Микропредприятий (2019, 2020, 2021 годы), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области шкала Чеддока.

|     | к11     | к12     | к13     | к21     | к22     | к23     | К31     | К32 | К33     | p       | N |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---|
| k11 | XXX     |         |         |         |         |         |         |     |         |         |   |
| k12 | 5, 5, 5 | XXX     |         |         |         |         |         |     |         |         |   |
| k13 | 2, 5, 5 | 2, 5, 5 | XXX     |         |         |         |         |     |         |         |   |
| k21 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | XXX     |         |         |         |     |         |         |   |
| k22 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 5, 5, 5 | XXX     |         |         |     |         |         |   |
| k23 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 0, 2, 0 | 4, 5, 5 | 4, 5, 4 | XXX     |         |     |         |         |   |
| k31 | 1, 2, 0 | 1, 2, 0 | 0, 2, 0 | 1, 3, 0 | 1, 3, 0 | 1, 4, 0 | XXX     |     |         |         |   |
| k32 | 1, 0, 0 | 1, 1, 0 | 0, 2, 0 | 1, 0, 0 | 1, 0, 0 | 1, 4, 1 | 1, 0, 0 | XXX |         |         |   |
| k33 | 5, 0, 1 | 5, 0, 1 | 1, 2, 1 |         |         | 0, 4, 0 | 0, 1, 0 | XXX |         |         |   |
| P   | 0, 1, 0 | 0, 1, 0 |         |         |         |         |         |     | XXX     |         |   |
| N   | 0, 1, 0 | 0, 1, 0 | 0, 1, 0 |         |         |         |         |     | 5, 5, 2 | XXX     |   |
| C   | 0, 1, 0 | 0, 1, 0 |         |         |         |         |         |     | 5, 5, 2 | 5, 5, 3 |   |

Таблица 4

Матрица оценок степени связи по выборке Малые предприятия (2019, 2021 годы), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области шкала Чеддока.

|     | к11  | к12  | к13  | к21  | к22  | к23  | К31  | К32  | К33  | p    | N    |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| k11 | XXX  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| k12 | 2, 1 | XXX  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| k13 | 5, 1 | 2, 1 | XXX  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| k21 | 2, 2 | 2, 2 | 2, 2 | XXX  |      |      |      |      |      |      |      |
| k22 | 2, 2 | 2, 2 | 2, 2 | 5, 5 | XXX  |      |      |      |      |      |      |
| k23 | 2, 2 | 2, 2 | 2, 2 | 4, 5 | 4, 5 | XXX  |      |      |      |      |      |
| k31 | 0, 1 |      | 0, 1 | 1, 2 | 1, 2 | 0, 2 | XXX  |      |      |      |      |
| k32 | 0, 1 |      | 1, 1 | 1, 2 | 1, 2 | 1, 2 | 5, 5 | XXX  |      |      |      |
| k33 | 2, 2 | 1, 0 | 3, 2 | 4, 2 | 4, 2 | 2, 1 | 4, 3 | 2, 3 | XXX  |      |      |
| P   | 0, 1 |      | 0, 1 | 0, 1 | 0, 1 |      | 1, 4 | 1, 1 | 1, 2 | XXX  |      |
| N   | 0, 1 |      | 0, 1 | 1, 0 | 1, 0 |      | 0, 1 | 0, 1 | 0, 1 | 0, 3 | XXX  |
| C   | 0, 1 |      | 0, 1 | 1, 1 | 1, 1 | 0, 1 | 0, 1 | 0, 1 | 1, 2 | 1, 4 | 3, 2 |

**Шаг 3.** Произведено нечетко-множественное агрегирование оценок степени связи для трех случаев (по всей выборке, по выборкам Микропредприятий и Малых предприятий) на основе нечетких шестиуровневых [0,1] – классификаторов. В силу того, что по смыслу задачи рассматривались лишь случаи положительной связи, был введен измененный классификатор. Результаты агрегирования представлены в Таблицах 6, 7, 8. Как видно из Таблицы 6, для всей выборки и Микропредприятий характерна высокая либо весьма высокая степень связи для показателей внутри групп устойчивости и платежеспособности предприятий, а также группы прибыли, уплаченных налогов и социальных выплат.

Для всей выборки также наблюдается заметная корреляция между рентабельностью продаж и нормой чистой прибыли, а также нормой чистой прибыли и рентабельностью активов. Существует также умеренная корреляция между показателями группы устойчивости и рентабельностью активов. Для Микропредприятий наблюдается корреляция показателей группы рентабельности со следующими показателями первых двух групп: рентабельности продаж – слабая корреляция с коэффициентом автономии и коэффициентом обеспеченности собственными средствами, а также умеренная корреляция с показателями платежеспособности; нормы чистой прибыли – с коэффициентом обеспеченности собственными средствами, а также с коэффициентом абсолютной ликвидности; рентабельности активов – умеренная связь с коэффициентом автономии и коэффициентом обеспеченности собственными средствами.

Таблица 6

Матрица агрегированных оценок степени связи по всей выборке предприятий (2019, 2020, 2021 годы), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области, шкала Чеддока.

|     | к11 | к12 | к13 | к21 | к22 | к23 | К31 | К32 | К33 | p   | N   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| k11 | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| k12 | 5   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| k13 | 4   | 4   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |
| k21 |     |     |     | XXX |     |     |     |     |     |     |     |
| k22 |     |     |     | 5   | XXX |     |     |     |     |     |     |
| k23 |     |     |     | 4   | 4   | XXX |     |     |     |     |     |
| k31 |     |     |     |     |     |     | XXX |     |     |     |     |
| k32 |     |     |     |     |     |     | 5   | XXX |     |     |     |
| k33 | 2   | 2   | 1   |     |     |     | 3   | 3   | XXX |     |     |
| P   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | XXX |     |
| N   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5   | XXX |
| C   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5   | 5   |



Таблица 7

Матрица оценок степени связи по выборке Микропредприятия предприятия (2019, 2020, 2021 годы), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области шкала Чеддока.

|     | к11 | к12 | к13 | к21 | к22 | к23 | К31 | К32 | К33 | р   | N   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| к11 | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| к12 | 5   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| к13 | 4   | 4   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |
| к21 |     |     |     | XXX |     |     |     |     |     |     |     |
| к22 |     |     |     | 5   | XXX |     |     |     |     |     |     |
| к23 |     |     |     | 5   | 4   | XXX |     |     |     |     |     |
| к31 | 1   | 1   |     | 2   | 2   | 2   | XXX |     |     |     |     |
| к32 |     | 1   |     |     |     | 3   |     | XXX |     |     |     |
| к33 | 2   | 2   | 1   |     |     |     |     |     | XXX |     |     |
| Р   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | XXX |     |
| N   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   | XXX |
| С   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   | 5   |

Таблица 8

Матрица агрегированных оценок степени связи выборке Малых предприятий (2019, 2021 годы), между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области шкала Чеддока.

|     | к11 | к12 | к13 | к21 | к22 | к23 | К31 | К32 | К33 | р   | N   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| к11 | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| к12 | 2   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| к13 | 3   | 2   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |     |
| к21 | 2   | 2   | 2   | XXX |     |     |     |     |     |     |     |
| к22 | 2   | 2   | 2   | 5   | XXX |     |     |     |     |     |     |
| к23 | 2   | 2   | 2   | 5   | 5   | XXX |     |     |     |     |     |
| к31 |     |     |     | 2   | 2   | 1   | XXX |     |     |     |     |
| к32 |     |     | 1   | 2   | 2   | 2   | 5   | XXX |     |     |     |
| к33 | 2   | 0   | 3   | 4   | 4   | 2   | 4   | 3   | XXX |     |     |
| Р   |     |     |     |     |     |     | 4   | 1   | 2   | XXX |     |
| N   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | XXX |
| С   |     |     |     | 1   | 1   | 0   |     |     |     | 2   | 3   |

В результате анализа матриц корреляции по выборке предприятий за 2019-2021 годы установлено, что по шкале Чеддока имеет место высокая либо весьма высокая связь между показателями внутри групп устойчивости, платежеспособности, рентабельности и общей. Кроме того, наблюдается слабая положительная связь между всеми тремя коэффициентами устойчивости и рентабельностью активов предприятия. Также зафиксирована устойчивая отрицательная слабая связь между коэффициентом абсолютной ликвидности и двумя показателями группы эффективности: рентабельностью продаж и нормой чистой прибыли.

**Этап 4. Проведение структурного и сценарно-целевого анализа отрасли, формирование списка рекомендаций.** Очевидно, что меры государственного регулирования должны применяться с разной степенью интенсивности и в различных сочетаниях для различных групп предприятий; Микро предприятий, Мини предприятий, Малых, Средних и Больших. Это обусловлено как спецификой их функционирования, так и различиями оценками финансовых коэффициентов, как было показано выше. Проведен структурный и сценарно-целевой анализ как всей отрасли, так и выбранных трех групп на основе СППР «Игла» [59]. Нечеткие когнитивные матрицы взаимного влияния коэффициентов финансово-экономического состояния отрасли, которую необходимо заполнять в процессе работы с программой, заполнены на основе матриц агрегированных оценок, полученных на Этапе 3.

Выполнена визуализация связей между показателями, осуществлено динамическое моделирование ситуации. Для удовлетворительного анализа взаимного влияния коэффициентов финансово-экономического состояния необходимо, чтобы соответствующий нечетко-логический граф, получаемый

в результате визуализации обладал с одной стороны, достаточной связностью, а, с другой стороны достаточной простотой, необходимой для того, чтобы проследить связи между показателями. Нечетко-логические графы, соответствующие всей выборке и группе Микро-предприятия не обладают необходимой связностью, что вызвано сильной и весьма сильной корреляцией между показателями групп устойчивости и ликвидности, а также группы общих показателей. Нечетко-логический граф, соответствующий группе Мини-предприятия обладает связностью, но имеет слишком сложную структуру для того, чтобы на его основе можно было проследить взаимосвязи показателей.

Предлагается следующая методика: подобно тому, как в моделях множественной регрессии из рассмотрения исключаются из рассмотрения переменные, сильно коррелированные с другими переменными, так и в настоящей модели мы предлагаем исключать из модели показатели, обладающие сильной корреляцией с остальными показателями. Так, для выборки по Малым предприятиям за 2021 год, после исключения показателей, сильно коррелированных между собой и нормировки, получена следующая матрица корреляции (Таблица 9). В результате получим упрощенный нечетко-логический граф (Рисунок 2), позволяющий исследовать взаимосвязи между показателями.

Таблица 9

Нормированная матрица корреляции между основными финансово-экономическими показателями предприятий ИТ – отрасли Ростовской области за 2021 год, Малые предприятия (47 предприятий)

| 2021 | к11  | к21  | К31  | К33  | р   | N   |
|------|------|------|------|------|-----|-----|
| к11  | XXX  |      |      |      |     |     |
| к21  | 0,73 | XXX  |      |      |     |     |
| к31  | 0,38 | 0,60 | XXX  |      |     |     |
| к33  | 0,62 | 0,53 | 0,89 | XXX  |     |     |
| Р    | 0,39 | 0,27 | 0,53 | 0,56 | XXX |     |
| N    | 0,22 | 0,05 | 0,20 | 0,35 | 1   | XXX |

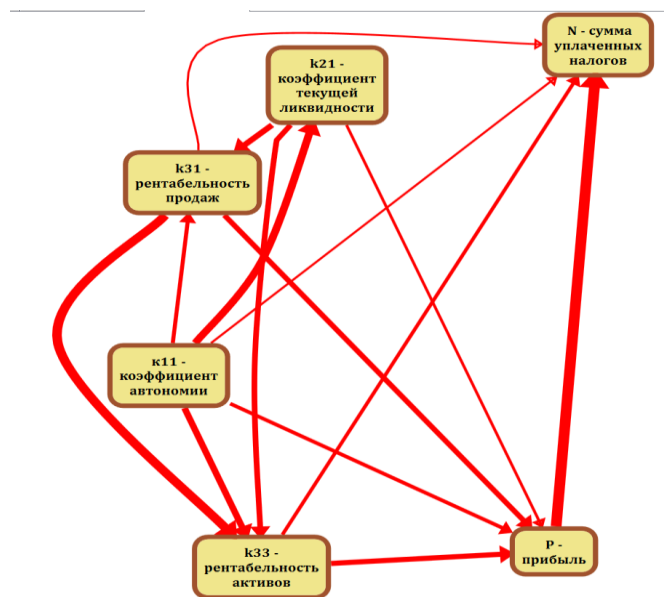


Рисунок 2. Визуализация взаимного влияния коэффициентов финансово-экономического состояния по группе Малые предприятия на основе упрощенного графа

Аналогично можно осуществить процесс нормирования матриц за остальные годы, после чего произвести нечетко-множественное агрегирование коэффициентов.

Динамическое моделирование развития ситуации на основе нечеткой когнитивной модели, с использованием СППР «ИГЛА» показало, что для достижения группой Микропредприятий и Малых предприятий оценки «удовлетворительно» по чистой прибыли необходимо улучшить показатели группы устойчивости, по меньшей мере, соответственно, до значений «удовлетворительно» и «хорошо». Достижение соответствующих результатов возможно при условии выполнения рекомендаций: привлечение инвесторов, вложение собственниками дополнительных средств, пересмотр структуры активов предприятий, пересмотр дивидентной политики предприятий. Таким образом, в качестве рекомендаций по формированию стратегии государственного регулирования ИТ – отрасли рекомендуется привлечение инвестиционных проектов в сектор Микропредприятий и Малых предприятий, изменение налоговой политики в сторону снижения ставок; организация ренты на открытие бизнеса с помощью региональной программы от центра занятости; привлечение государственных субсидии и покупку оборудования, сырья, патентов и др.; привлечение центров поддержки малого и среднего бизнеса для оказания консультационных услуг. Рекомендуется также использование «Зонтичного» механизма поручительства Корпорации Малого и среднего предпринимательства (МСП) для получения в банке-партнере; поручительств Региональной гарантийной организации (РГО); независимых гарантий Корпорации МСП, совместных поручительств МСП и РГО, льготных кредитов по Программе стимулирования кредитования малого и среднего бизнеса, проводимой Корпорацией МСП совместно с Банком России, льготного лизинга на основе Корпорации МСП.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье предложена методика, которая может быть положена в основу автоматизированного программного комплекса, позволяющего: оценить финансово-экономическое состояние заданной отрасли региона на основе открытых источников данных и нечеткой логики; исследовать корреляционные зависимости между финансовыми коэффициентами на основе методов корреляционного анализа и систем нечетко-логических выводов; осуществить нечетко-когнитивный анализ отрасли с целью формирования управленческой стратегии.

**Методики формирования рекомендаций по государственному регулированию отрасли включает в себя следующие этапы:**

1) сбор данных о финансово-экономическом состоянии отрасли в регионе на основе открытых источников данных, их очистка и разбиение по группам предприятий (по количеству персонала – Микропредприятия, Мини-предприятия, Малые

предприятия, Средние предприятия, большие предприятия);

2) расчет агрегированных значений финансово-экономических оценок отдельных групп на основе нечетких многоуровневых  $[0,1]$  – классификаторов;

3) расчет матриц корреляции (Пирсона) финансово-экономических коэффициентов по годам, оценка степени тесноты связей, формирование матриц агрегированных оценок степени связи;

4) проведение структурного и сценарно-целевого анализа отрасли, формирование списка рекомендаций.

Предложенная концепция формирования стратегии управленческой политики апробирована на предприятиях ИТ – отрасли Ростовской области. Результатом моделирования является набор рекомендаций по формированию управленческих мероприятий, обеспечивающих улучшение финансово-экономической ситуации в отрасли по всем группам предприятий. Описанная концепция может быть применена для предприятий любой группы ОКВЭД. Методика представляет собой комплекс математических моделей, алгоритмов и программных средств для автоматического управления сложными системами в условиях полной неопределенности в приложении к финансово-экономическому состоянию отрасли. Она может быть адаптирована к решению аналогичных задач в экономике, социологии, биологии и прочих отраслях знания, связанных с исследованием случайных процессов и необходимостью управления ими.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Артюхова, А.В. & Литвин, А.А. (2015) Анализ финансового состояния предприятия: сущность и необходимость проведения. Молодой ученый, 11, 744-747.
2. Фурсова, М. Н, Ильин А.А. & Моисеева, Л.В. (2011) Анализ хозяйственной деятельности: учебное пособие. Воронеж, Россия, Издательство ВГУЭС.
3. Хрипливый, Ф.П. & Хрипливый, А.Ф. (2012) Сравнительный анализ методов оценки финансового состояния организации. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 81, 22.
4. Кувшинов, М.С. (2012) Инновационные инструменты прогнозирования оценки финансового состояния предприятия. Вестник Южно-Уральского государственного университета, Серия: Экономика и менеджмент, 30, 56
5. Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. Journal of Finance, 4, 589-609.
6. Altman, E. I. (1984). Further empirical investigation of the bankruptcy cost question. Journal of Finance, 39(4), 1067-1089.
7. Lis model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=967>
8. Deakin, E. (1972). Discriminant analysis of predictors of business failure. Journal of Accounting Research, 10, 167-179.
9. Taffler, R. J. (1983). The assessment of company solvency and performance using a statistical modeling. Accounting & Business Research, 13(52), 295-307.
10. Springite Model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=1572>
11. Fulmer Model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=1176>
12. Saifullin Model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=1164>
13. Zaitseva, O. P. (1998). Crisis management in Russian company. Aval, 11-12, 66-73.
14. Davydova, G. V. & Belikov, A. Yu. (1999). Methods of quantitative assessment of bankruptcy risk of enterprises. Risk Management., 3, 13-20.
15. Fedorova, E., Gilenko, E. & Dovzhenko, S. (2013). Bankruptcy prediction for Russian companies: Application of combined classifiers. Expert Systems with Applications, 18 (40), 7285-7293.
16. Kochenev, Yu. Yu., Lukashevich, N.S. (2011). Assessment of audit risk based on fuzzy logic. Nauchno-tehnicheskie Vedomosti St. Petersburg state Polytechnical University. Economics, 6, 248-253.
17. Смелова, Т.А., & Мерзликina Г.С. (2003) Оценка экономической состоятельности в антикризисном управлении предприятием.

Волгоград, Россия, ВолГГТУ.

18. Nedosekin, A. O. (2003). Fuzzy financial management. Moscow, Russia: AFA Library.
19. Nedosekin, A. O. (2000). Application of the fuzzy sets to the problems of financial management. Audit and financial analysis, 2. Retrieved from <https://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml>
20. Nedosekin, A. O., Kozlovsky, A. N., Abdulaeva, Z. I. (2018). Analysis of branch economic stability by fuzzy-logical methods. Economics and management: problems, solutions, 5, 10-16.
21. Zade, L. A. (1976). Concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions. Moscow, USSR: Mir.
22. Yakimova, V. A. (2012). Optimization of audit actions on the basis of an assessment of sufficiency of auditor proofs and labor input of process of their collecting. International Accounting, 43, 25-36.
23. Недосекин А. О. (2003) Финансовый менеджмент в расплывчатых условиях. (FUZZY FINANCIAL MANAGEMENT). Russia, Moscow, AFA Library.
24. Недосекин А.О. (2005) Оценка риска бизнеса на основе нечетких данных: Монография. СПб, Россия.
25. Audit-IT. (2022) Финансовый анализ. Аудиторская фирма «Авдеев и К»: аудиторские и бухгалтерские услуги, 1999 – 2019. Retrieved from <https://www.audit-it.ru>
26. TestFirm. Сравнение финансового состояния фирмы с отраслевыми показателями и конкурентами. [www.testfirm.ru](http://www.testfirm.ru)
27. Крамаров С.О., Овсянников В.А., Сахарова Л.В., Усатый Р.С., Лукьянова Г.В. Автоматизированный сбор данных ключевых финансовых показателей предприятий IT-отрасли региона. Вестник кибернетики. 2022. № 3 (47). С. 39-45.
28. Крамаров С.О., Арапова Е.А., Сахарова Л.В., Усатый Р.С., Лукьянова Г.В. Методика оценки финансово-экономического состояния отрасли региона на основе алгоритма нечетко-множественного агрегирования финансово-экономических показателей. Вестник СурГУ. 2022. № 3 (37). С. 23-34.
29. Арапова Е.А., Крамаров С.О., Усатый Р.С., Рутта Н.А., Сахарова Л.В. Программная реализация нечетко-множественных моделей комплексной оценки динамики финансового состояния отрасли. Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 3. С. 101-117.
30. Yager R.R. and J, Kasprzyk (Eds.) The Ordered Weighted Averaging operators. Theory and Applications, Kluwer Academic Publishers, USA, 1997.
31. Kuncheva L.I. "Fuzzy" vs "Non-fuzzy" in combining classifiers designed by boosting, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 11 (6), 2003, pp. 729-741.
32. Amarante, M. (2018). Mm-OWA: A generalization of OWA operators. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 26(4), 2099–2106. doi:10.1109/TFUZZ.2017.2762637
33. Gong, C., Li, W., & Yi, P. (2019). Rank-based analysis method to determine OWA weights and its application in group decision making. International Journal of Intelligent Systems, 34(7), 1685–1699. doi:10.1002/int.22116
34. Beliakov, G., James, S., Wilkin, T., & Calvo, T. (2018). Robustifying OWA operators for aggregating data with outliers. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 26(4), 1823–1832. doi:10.1109/TFUZZ.2017.2752861
35. Leite, D., & Skrzjanc, I. (2019). Ensemble of evolving optimal granular experts, OWA aggregation, and time series prediction. Information Sciences, (504), 95–112. doi:10.1016/j.ins.2019.07.053
36. Mesiar, R., Sipeky, L., Gupta, P., & LeSheng, J. (2018). Aggregation of OWA operators. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 26(1), 284–291. doi:10.1109/TFUZZ.2017.2654482
37. Nedosekin, A. O. (2003). Fuzzy financial management. Moscow, Russia: AFA Library.
38. Nedosekin, A. O. (2000). Application of the fuzzy sets to the problems of financial management. Audit and financial analysis, 2. Retrieved from <https://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml>
39. Nedosekin, A. O., Kozlovsky, A. N., Abdulaeva, Z. I. (2018). Analysis of branch economic stability by fuzzy-logical methods. Economics and management: problems, solutions, 5, 10-16.
40. Финансовый директор. <https://www.fd.ru/question/1814-kak-povysit-rentabelnost-aktivov>.
41. Корпорация МСП. Федеральная корпорация по развитию малого и среднего предпринимательства. <https://corpmsp.ru/finansovaya-podderzhka/zontichnyu-mekhanizm-predostavleniya-poruchitelstv/>
42. Мой бизнес. Портал по поддержке малого и среднего бизнеса. <https://xn--90aifdrld7a.xn--p1ai/>
43. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами. 2007. Вып. 16. С. 26-39.
44. Кондрашина О.Н., Анохина М.Е. Использование нечетких когнитивных карт в оценке качества экономического роста отдельной отрасли // Экономика и предпринимательство. 2017. № 5-1. С. 896-899.
45. Подгорская С.В., Подвесовский А.Г., Исаев Р.А., Антонова Н.И. Построение нечетких когнитивных моделей социально-экономических систем на примере модели управления комплексным развитием сельских территорий // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13. № 3. С. 7
46. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС. 1995. 228 с.
47. Сподарева Е.Г., Кузьмина Т.С. Применение корреляционно-регрессионного анализа для оценки финансовой устойчивости предприятия // Вестник Уральского института экономики, управления и права. 2020. №4 (53).
48. Сафарян С.А. Разработка модели финансового состояния, прогнозирование на основе множественной регрессии // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. №12-3.
49. Юдкина Л.В., Берлин Ю.И. Корреляционный анализ взаимосвязей показателей динамики капитализации и эффективности деятельности публичных российских компаний // Финансы и кредит. 2009. №9 (345).
50. Савельева М.Ю., Майорко Е.А., Вагайцева В.П. Исследование взаимосвязей между финансовыми коэффициентами в моделях прогнозирования банкротства Э. Альтмана и ИГЭА // Наука, техника и образование. 2017. №1 (31).
51. Тарасова А.Ю. Исследование функциональных взаимосвязей финансовых показателей, рассчитываемых по методике, утвержденной ФСФО // ЭКОНОМИНФО. 2004.
52. Denis, J. D. (2001), The origins of correlation and regression: Francis Galton or Auguste Bravais and the error theorists?, History and Philosophy of Psychology Bulletin, 13, pp. 36-44.
53. Gogtay, N. J. and Thatte, U. M. (2017), Principles of correlation Analysis, Journal of The Association of Physicians of India, 65 (March), pp. 78-81.
54. Glen, S. (2015), Multicollinearity: Definition, Causes, Examples, <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/multicollinearity/>, Retrieved: 30-05-2019, 8.56 am, New Zealand.
55. Hauke, J. and Kossowski, T. (2011), Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficients on the same sets of data, Questiones Geographicae, 30(2), pp. 87-93 (doi: <http://dx.doi.org/10.2478/v10117-011-0021-1>). 9 <https://ssrn.com/abstract=3416918>
56. Senthilnathan, S. (2017), Relationships and Hypotheses in Social Science Research, <https://ssrn.com/abstract=3032284> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3032284>, Retrieved: 09-07-2019, 12.51 pm, New Zealand.
57. Smith, M. D., Handshoe, R., Handshoe, S., Kwan, O. L., and Demaria, A. N. (1986), Comparative accuracy of two-dimensional echocardiography and Doppler pressure half-time methods in assessing severity of mitral stenosis in patients with and without prior commissurotomy, Circulation, 73(1)-Jan, pp. 100-107.
58. Калянов Г.Н. Концептуальная модель DFD-технологии // Открытое образование. 2017. №4.
59. Подвесовский А.Г., Лагеров Д.Г., Коростелев Д.А. СПИР «ИГЛА». (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2018. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html>.

Статья поступила 03.05.2023

Крамаров Сергей Олегович, Сургутский государственный университет, Сургут, Россия, [maoovo@yandex.ru](mailto:maoovo@yandex.ru)  
<http://orcid.org/0000-0003-3743-6513>

Рутта Наталья Александровна, Ростовский государственный экономический университет, Ростов-на-Дону, Россия, [rutic79@mail.ru](mailto:rutic79@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-2521-2486>

Сахарова Людмила Викторовна, Ростовский государственный экономический университет, Ростов-на-Дону, Россия [L\\_Sakharova@mail.ru](mailto:L_Sakharova@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-4897-4926>

Усатый Роман Сергеевич, Ростовский государственный экономический университет, Ростов-на-Дону, Россия, [rs.usaty@gmail.com](mailto:rs.usaty@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0002-0993-757>



# Mathematical model of regional industry management based on the analysis of its financial and economic indicators

Sergey Kramarov, Natalia Rutta, Lyudmila Sakharova, Roman Usatii

**Abstract** — This article proposes a methodology that can be used as the basis for a reasonable software package that allows: 1) to assess the economic state of a given industry in the region based on open sources of financial data and fuzzy logic; 2) observation of correlation dependencies between factors based on methods of correlation analysis and systems of fuzzy-logical inferences; 3) fuzzy-cognitive analysis of the industry in order to form a management strategy. The proposed concept of forming a management policy strategy has been tested at IT enterprises in the Rostov region. The result of the simulation is a set of indicators for the formation of management measures, improving the financial and economic situation in the industry by groups of all enterprises. The proposed methodology is a set of mathematical models, algorithms and software tools for automatic control of detection under conditions of complete uncertainty as applied to the financial and economic situation in the industry. It can be chosen to solve problems in the field of economics, sociology, biology and requires certain knowledge related to the study of random processes and the choice of their control.

**Keywords** — financial ratios, correlation analysis, cognitive matrix of mutual influence, fuzzy cognitive model.

## References

1. Artyukhova, A.V. & Litvin, A.A. (2015) Analysis of the financial condition of an enterprise: the essence and necessity of carrying out. *Young Scholar*, 11, 744-747.
2. Fursova, M. N, Ilyin A.A. & Moiseeva, L.V. (2011) Analysis of economic activity: textbook. Voronezh, Russia, VGUES Publishing House.
3. Hoarse, F.P. & Husky, A.F. (2012) Comparative analysis of methods for assessing the financial condition of an organization. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 81, 22.
4. Kuvshinov M.S. (2012) Innovative tools for predicting the assessment of the financial condition of an enterprise. *Bulletin of the South Ural State University, Series: Economics and Management*, 30, 56
5. Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 4, 589-609.
6. Altman, E. I. (1984). Further empirical investigation of the bankruptcy cost question. *Journal of Finance*, 39(4), 1067-1089.
- 7 Lis model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=967>
8. Deakin, E. (1972). Discriminant analysis of predictors of business failure. *Journal of Accounting Research*, 10, 167-179.
9. Taffler, R. J. (1983). The assessment of company solvency and performance using a statistical modeling. *Accounting & Business Research*, 13(52), 295-307.
10. Springite Model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=1572>
11. Fulmer Model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=1176>
12. Saifullin Model. (n.d.). Retrieved from <http://1-fin.ru/?id=281&t=1164>
13. Zaitseva, O. P. (1998). Crisis management in Russian company. *Aval*, 11-12, 66-73.
14. Davydova, G. V. & Belikov, A. Yu. (1999). Methods of quantitative assessment of bankruptcy risk of enterprises. *Risk Management.*, 3, 13-20.
15. Fedorova, E., Gilenko, E. & Dovzhenko, S. (2013). Bankruptcy prediction for Russian companies: Application of combined classifiers. *Expert Systems with Applications*, 18(40), 7285-7293.
16. Kochenev, Yu. Yu., Lukashevich, N.S. (2011). Assessment of audit risk based on fuzzy logic. *Nauchno-technicheskie Vedomosti St. Petersburg State Polytechnic University. Economics*, 6, 248-253.
17. Smelova, T.A., & Merzlikina G.S. (2003) Evaluation of economic solvency in anti-crisis management of an enterprise. *Volgograd, Russia, VolgGTU*.
18. Nedosekin, A. O. (2003). *Fuzzy financial management*. Moscow, Russia: AFA Library.
19. Nedosekin, A. O. (2000). Application of the fuzzy sets to the problems of financial management. *Audit and financial analysis*, 2. Retrieved from <https://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml>
20. Nedosekin, A. O., Kozlovsky, A. N., Abdulaeva, Z. I. (2018). Analysis of branch economic stability by fuzzy-logical methods. *Economics and management: problems, solutions*, 5, 10-16.
21. Zade, L. A. (1976). *Concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions*. Moscow, USSR: Mir.
22. Yakimova, V. A. (2012). Optimization of audit actions on the basis of an assessment of sufficiency of auditor proofs and labor input of process of their collecting. *International Accounting*, 43, 25-36.
23. Nedosekin A. O. (2003) *Financial management in vague conditions. (FUZZY FINANCIAL MANAGEMENT)*. Russia, Moscow, AFA Library.
24. Nedosekin A.O. (2005) *Business risk assessment based on fuzzy data: Monograph*. St. Petersburg, Russia.
25. Audit IT. (2022) *Financial analysis. Audit firm "Avdeev and K": audit and accounting services, 1999 - 2019*. Retrieved from <https://www.audit-it.ru>
26. TestFirm. Comparison of the financial condition of the company with industry indicators and competitors. [www.testfirm.ru](http://www.testfirm.ru)
27. Kramarov S.O., Ovsyannikov V.A., Sakharova L.V., Usatii R.S., Lukyanova G.V. Automated data collection of key financial indicators of enterprises in the IT industry in the region. *Bulletin of Cybernetics*. 2022. No. 3 (47). pp. 39-45.
28. Kramarov S.O., Arapova E.A., Sakharova L.V., Usatii R.S., Lukyanova G.V. Methodology for assessing the financial and economic state of the region's industry based on the algorithm of fuzzy-multiple aggregation of financial and economic indicators. *Bulletin of SurSU*. 2022. No. 3 (37). pp. 23-34.
29. Arapova E.A., Kramarov S.O., Usatii R.S., Rutta N.A., Sakharova L.V. Software implementation of fuzzy-multiple models for a comprehensive assessment of the dynamics of the financial and economic state of the industry. *Bulletin of the Russian New University. Series: Complex systems: models, analysis and control*. 2022. No. 3. S. 101-117.
30. Yager R.R. and J, Kacprzyk (Eds.) *The Ordered Weighted Averaging operators. Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, USA, 1997.
31. Kuncheva L.I. "Fuzzy" vs "Non-fuzzy" in combining classifiers designed by boosting, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 11(6), 2003, pp. 729-741.
32. Amarante, M. (2018). Mm-OWA: A generalization of OWA operators. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(4), 2099–2106. doi:10.1109/TFUZZ.2017.2762637
33. Gong, C., Li, W., & Yi, P. (2019). Rank-based analysis method to determine OWA weights and its application in group decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, 34(7), 1685–1699. doi:10.1002/int.22116
34. Beliakov, G., James, S., Wilkin, T., & Calvo, T. (2018). Robustifying OWA operators for aggregating data with outliers. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(4), 1823–1832. doi:10.1109/TFUZZ.2017.2752861
35. Leite, D., & Skrjanc, I. (2019). Ensemble of evolving optimal granular experts, OWA aggregation, and time series prediction. *Information Sciences*, (504), 95–112. doi:10.1016/j.ins.2019. 07.053

36. Mesiar, R., Sipeky, L., Gupta, P., & LeSheng, J. (2018). Aggregation of OWA operators. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(1), 284–291. doi:10.1109/TFUZZ.2017.2654482
37. Nedosekin, A. O. (2003). *Fuzzy financial management*. Moscow, Russia: AFA Library.
38. Nedosekin, A. O. (2000). Application of the fuzzy sets to the problems of financial management. *Audit and financial analysis*, 2. Retrieved from <https://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml>
39. Nedosekin, A. O., Kozlovsky, A. N., Abdulaeva, Z. I. (2018). Analysis of branch economic stability by fuzzy-logical methods. *Economics and management: problems, solutions*, 5, 10-16.
40. Financial director. <https://www.fd.ru/question/1814-kak-povysit-rentabelnost-aktivov>.
41. SME Corporation. Federal Corporation for the Development of Small and Medium Enterprises. <https://corpmsp.ru/finansovaya-podderzhka/zontichnyy-mekhanizm-predostavleniya-poruchitelstv/>
42. My business. Portal for supporting small and medium-sized businesses. <https://xn--90aifddrld7a.xn--p1ai/>
43. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D.I. Cognitive modeling for solving problems of control of semi-structured systems (situations) // *Management of large systems*. 2007. Issue. 16. S. 26-39.
44. Kondrashina O.N., Anokhina M.E. The use of fuzzy cognitive maps in assessing the quality of economic growth in a particular industry // *Economics and Entrepreneurship*. 2017. No. 5-1. pp. 896-899.
45. Podgorskaya S.V., Podvesovsky A.G., Isaev R.A., Antonova N.I. Construction of Fuzzy Cognitive Models of Socio-Economic Systems on the Example of a Management Model for the Integrated Development of Rural Territories // *Business Informatics*. 2019. V. 13. No. 3. P. 7
46. Silov V.B. Making strategic decisions in a fuzzy environment. Moscow: INPRO-RES. 1995. 228 p.
47. Spodareva E.G., Kuzmina T.S. Application of correlation-regression analysis to assess the financial sustainability of an enterprise // *Bulletin of the Ural Institute of Economics, Management and Law*. 2020. No. 4 (53).
48. Safaryan S.A. Development of a financial condition model, forecasting based on multiple regression // *Economics and business: theory and practice*. 2020. 12-3.
49. Yudkina L.V., Berlin Yu.I. Correlation analysis of interrelations between indicators of capitalization dynamics and performance efficiency of public Russian companies // *Finance and credit*. 2009. No. 9 (345).
50. Savelyeva M.Yu., Majorjo E.A., Vagaitseva V.P. Study of the relationship between financial ratios in the bankruptcy forecasting models of E. Altman and IGEA // *Science, technology and education*. 2017. No. 1 (31).
51. Tarasova A.Yu. Investigation of functional relationships of financial indicators calculated according to the methodology approved by the FSFO // *ECONOMINFO*. 2004.
52. Denis, J. D. (2001), The origins of correlation and regression: Francis Galton or Auguste Bravais and the error theorists?, *History and Philosophy of Psychology Bulletin*, 13, pp. 36-44.
53. Gogtay, N. J. and Thatte, U. M. (2017), Principles of correlation Analysis, *Journal of The Association of Physicians of India*, 65 (March), pp. 78-81.
54. Glen, S. (2015), Multicollinearity: Definition, Causes, Examples, <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/multicollinearity/>, Retrieved: 30-05-2019, 8.56 am, New Zealand.
55. Hauke, J. and Kossowski, T. (2011), Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficients on the same sets of data, *Questiones Geographicae*, 30(2), pp. 87-93 (doi: <http://dx.doi.org/10.2478/v10117-011-0021-1>). 9 <https://ssrn.com/abstract=3416918>
56. Senthilnathan, S. (2017), Relationships and Hypotheses in Social Science Research, <https://ssrn.com/abstract=3032284> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3032284>, Retrieved: 09- 07-2019, 12.51pm, New Zealand.
57. Smith, M. D., Handshoe, R., Handshoe, S., Kwan, O. L., and Demaria, A. N. (1986), Comparative accuracy of two-dimensional echocardiography and Doppler pressure half-time methods in assessing severity of mitral stenosis in patients with and without prior commissurotomy, *Circulation*, 73(1)-Jan, pp. 100-107.
58. Kalyanov G.N. Conceptual model of DFD-technology // *Open education*. 2017. No. 4.
59. Podvesovsky A.G., Lagerev D.G., Korostelev D.A. DSS "IGLA". (Certificate of the branch fund of algorithms and programs of Rosstat No. 50200701348). 2018. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html>.