

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧИСЛОВОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)\*

Татьяна Анатольевна ЛЫЧАГИНА <sup>a</sup>, Елена Анатольевна ПАХОМОВА <sup>b,\*</sup>,  
Ольга Владимировна РОЖКОВА <sup>c</sup>, Евгений Андреевич СТАРОСТИН <sup>d</sup>

<sup>a</sup> кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник,  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Российская Федерация  
lychagina@jin.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 5675-8867

<sup>b</sup> доктор экономических наук, профессор кафедры экономики,  
Государственный университет «Дубна», Дубна, Российская Федерация  
pakhomova.ea@phystech.edu  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 3500-1423

<sup>c</sup> аспирантка кафедры экономики, Государственный университет «Дубна»,  
Дубна, Российская Федерация  
olga\_r2006@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 6691-6956

<sup>d</sup> студент магистратуры института системного анализа и управления,  
Государственный университет «Дубна», Дубна, Российская Федерация  
starostinudjin1@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

\* Ответственный автор

### История статьи:

Получена 30.07.2018  
Получена в доработанном  
виде 15.08.2018  
Одобрена 28.08.2018  
Доступна онлайн 29.10.2018

УДК 332.14

JEL: C02, C82, O18, R11

### Ключевые слова:

экспертные оценки, метод  
парных сравнений, медиана  
Кемени, нечеткие  
множества, интегральный  
показатель

### Аннотация

**Предмет.** В современных условиях особую актуальность приобретает повышение точности оценки социально-экономической деятельности территорий как субъектов конкурентных отношений. Объектом рассмотрения является Люберецкий район Московской области.

**Цели.** Построение интегрального показателя для оценки степени привлекательности региона на основе методов нечисловой статистики.

**Методология.** Выбор методов исследования продиктован спецификой социально-экономических задач, при решении которых часто приходится иметь дело с нечисловыми данными, сильно зависящими от сферы деятельности и субъективных оценок. Реализованы экспертные методы, аппарат теории нечетких множеств на основе данных опроса выпускников Государственного университета «Дубна».

**Результаты.** Для оценки были отобраны социально-экономические показатели по рассматриваемому району и Московской области за 2015–2016 гг. и разработан последовательный алгоритм, включающий этапы обработки мнений экспертов методом парных сравнений, нормирования, ранжирования, определения системы весов, построения функции принадлежности, распознавания уровня показателей и расчета интегрального показателя за каждый год. Полученный результат свидетельствует о том, что за два года интегральные показатели не достигли высокой степени привлекательности для жизни в Люберецком районе.

**Выводы.** Результаты исследования подтверждают текущую неоднозначную социально-экономическую ситуацию в объекте, что указывает на непротиворечивость полученных с помощью аппарата нечетких множеств результатов. Материалы и выводы работы представляют собой пример реализации новых информационных технологий управления регионом, что расширяет границы практического использования предложенных инструментальных средств.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Лычагина Т.А., Пахомова Е.А., Рожкова О.В., Старостин Е.А. Применение методов нечисловой статистики для анализа объекта (на примере муниципального района Московской области) // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 10. – С. 1962 – 1980.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.10.1962>

Расширение сферы приложения эконометрического инструментария, развитие методов сбора и анализа больших объемов информации об объектах и разработка новых моделей на основе количественных и качественных показателей [1], а также постоянного мониторинга социально-экономического состояния способствуют повышению эффективности управления регионом.

Нами обоснована целесообразность применения в анализе состояния [2] объектов сложных социально-экономических систем инструментария экспертных оценок и нечетких множеств [3], позволяющих оценить любой неструктурированный показатель не только качественно, но и количественно, благодаря вводу лингвистической переменной [4] с терм-множеством значений и функции принадлежности нечеткому множеству [5].

Данный аппарат может применяться для анализа разнообразных задач, возникающих при принятии решений в случаях отсутствия точных данных об объектах, существенной управленческой специфики и влияния национальных реалий организации и ведения бизнеса, мультифакторности, роли человека с его нечеткими представлениями и нестационарности процессов, в том числе управление транспортными потоками, экономический и финансовый анализ, контроль качества продукции, экономия ресурсов, человеко-машинные системы, управление бизнес-портфелем (продукты, проекты, рынки), стратегическое планирование, оценка инвестиционной привлекательности, прогнозирование макроэкономических показателей [6, 7].

По результатам проведенного ранее комплексного анализа социально-экономического положения муниципальных

\* Статья подготовлена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 16-06-00054 «Инструментально-методический подход к адаптации модели тройной спирали для условий России с учетом исторической ретроспективы».

районов юго-восточной части Московской области с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента (методы факторного анализа главных компонент и кластерного анализа методом Варда) на основе многомерного статистического анализа в ППП Statistica был выбран Люберецкий муниципальный район [8].

Занимая выгодное территориальное положение, имея развитую транспортную сеть и находясь в непосредственной близости к столице, исследуемый район является одним из развивающихся, инвестиционно привлекательных и густонаселенных с благоприятной демографической ситуацией и положительной динамикой численности населения (главным образом за счет городского поселения Люберцы, где активно ведется жилищное строительство и развиваются соответствующие программы кредитования). Регион обладает высоким научно-техническим и кадровым потенциалом, а также выступает историко-культурным центром юго-восточного Подмосковья. В последние годы приоритетом социально-экономического развития района стало улучшение качества жизни населения и удовлетворение всех социальных нужд<sup>1</sup>, что определило цель исследования: оценить степень привлекательности для жизни исследуемого района с точки зрения 24 экспертов. Последовательная схема методики представлена на *рис. 1*.

Экспертами выступили выпускники Государственного университета «Дубна», имеющего на близлежащей к рассматриваемому району территории филиалы «Котельники» и «Угреша» в городах

<sup>1</sup> Здесь и далее, за исключением специальных ссылок, приведены данные из следующих источников: официальных сайтов Федеральной службы государственной статистики; Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Московской области; правительства Московской области; администрации городского округа Люберцы.

областного значения Котельники и Дзержинский.

Опишем основные этапы построения интегрального показателя с помощью аппарата нечетких множеств.

*Этап 1. Выбор, нормирование и ранжирование показателей.* В общем виде деятельность экспертов включает этапы интерпретации, диагностики и мониторинга, прогнозирования, планирования<sup>2</sup>. В соответствии с требованиями к организации исследования и поставленными целями экспертные оценки могут проводиться индивидуально (интервьюирование, анкетирование) или коллективно (мозговой штурм, метод Дельфи, метод дискуссии или суда, деловые игры и сценарии). В большинстве случаев эксперты и аналитики оперируют поверхностными, эмоционально окрашенными оценками по принятым шкалам.

При анализе имеющихся данных возникла трудность с выбором необходимых (обладающих полнотой и соответствующих цели исследования) данных (показателей), а также с качественной оценкой каждого параметра. Задача зачастую осложняется тем, что множество таких показателей необходимо свести к нескольким комплексным, по которым и будет приниматься решение, а в данном случае – получить один интегральный, характеризующий состояние региона в целом.

К оценке были отобраны показатели, отражающие изменения социально-экономической сферы региона в сравнении со средними показателями по Московской области за 2015–2016 гг. (табл. 1):

- численность населения  $E_1$ , чел.;
- коммунальная сфера (число источников теплоснабжения)  $E_2$ , ед.;
- развитие территории (протяженность автодорог общего пользования местного значения, находящихся в собственности муниципального образования)  $E_3$ , км;

- среднемесячная заработная плата  $E_4$ , руб.;
- охрана окружающей среды (текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды, включая оплату услуг природоохранного назначения)  $E_5$ , тыс. руб.;
- строительство жилья (ввод в действие жилых домов на территории муниципального образования)  $E_6$ , м<sup>2</sup>.

Далее для исключения размерности и возможности вывода одного интегрального показателя найденные статистические значения были пронормированы путем деления [9] каждого показателя на значение соответствующего показателя по Московской области (табл. 2).

Показатели также были проранжированы по степени убывания значимости. Для этого была разработана анкета, с помощью которой получены экспертные оценки в виде парных сравнений. Метод парных сравнений был выбран как наиболее информативный, потому что на практике эксперту гораздо легче на каждом шаге сравнивать только два объекта, отдавая предпочтение одному из них (возможен вариант установления равенства), что целесообразно для большого количества факторов, а также в случае незначительных различий между объектами [10]. Количество пар для сравнения рассчитывается как число сочетаний

$$C_6^2 = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{6(6-1)}{2} = 15.$$

Оценка достаточной численности группы экспертов  $N_{\min}$  и  $N_{\max}$  производится следующим образом. Нижняя оценка численности  $N_{\min}$  должна зависеть от числа оцениваемых событий и отвечать требованию представительности группы, состоящей из  $N$  экспертов, для принятия решений по множеству  $m$  событий, то есть  $N_{\min} \geq m$ . Верхней границей численности экспертной группы является потенциально возможное число экспертов  $N_{\max} \leq N_n$ . Таким образом, действительное значение численности группы  $N$  находится в следующих пределах:

$$m \leq N_{\min} \leq N \leq N_{\max} \leq N_n.$$

<sup>2</sup> Ярушклина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.

Ответы экспертов записываются в квадратных матрицах соответственно  $\|a_{ij}\|$ ,  $\|b_{ij}\|$ ,  $\|c_{ij}\|$  и так далее, которые строятся следующим образом: если эксперт предпочел  $i$ -й показатель  $j$ -му, то  $x_{ij} = 1$  и  $x_{ji} = 0$ . Если данные проекты равноценны, то  $x_{ij} = x_{ji} = 1/2$ .

Таким образом, для любых различных  $i$  и  $j$  верно равенство  $x_{ij} + x_{ji} = 1$ . При этом элементы на главной диагонали принимаются равными нулю или совсем не учитываются.

Фрагмент результатов парных сравнений в матричном виде для нескольких экспертов представлен на *рис. 2*.

Понимая под расстоянием Кемени [11] между бинарными отношениями  $A$  и  $B$ , описываемыми матрицами  $\|a_{ij}\|$  и  $\|b_{ij}\|$ , число

$$d(A, B) = \sum_{i,j} |a_{ij} - b_{ij}|,$$

находим расстояния Кемени между каждыми двумя бинарными отношениями, предполагая выполнение симметричности, например,  $d(A, B) = d(B, A)$  и т.д.

Суммирование производится по всем  $i$  и  $j$ , то есть расстояние Кемени между бинарными отношениями равно сумме модулей разностей элементов, стоящих на одних и тех же местах в соответствующих им матрицах [12].

Например, Equation Section (Next)

$$\|a_{ij}\| = \begin{pmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 0 & - \end{pmatrix} \text{ и } \|b_{ij}\| = \begin{pmatrix} - & 0 & 1 \\ 1 & - & 1/2 \\ 0 & 1/2 & - \end{pmatrix}.$$

Тогда расстояние между бинарными отношениями  $A$  и  $B$  составит

$$d(A, B) = \sum_{i,j} |a_{ij} - b_{ij}| = \sum_{i,j} \left| \begin{pmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 0 & - \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} - & 0 & 1 \\ 1 & - & 1/2 \\ 0 & 1/2 & - \end{pmatrix} \right| =$$

$$= \sum_{i,j} \left| \begin{pmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 0 & - \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} - & 0 & 1 \\ 1 & - & 1/2 \\ 0 & 1/2 & - \end{pmatrix} \right| =$$

$$= |1| + |-1| + |-1| + |1/2| + |1| + |-1/2| = 5.$$

Расстояния Кемени по результатам обработки анкет десяти экспертов ( $\mathcal{E}1$  – эксперт 1 и т.д.) представлены на *рис. 3*.

Обозначим ответы эксперта 1 через  $A$ , эксперта 2 – через  $B$ , ..., эксперта 24 – через  $X$ . Чтобы найти итоговое (среднее, общее) мнение комиссии экспертов, согласно идее Джона Кемени [13], следует найти среднее мнение как решение оптимизационной задачи. А именно – надо минимизировать суммарное расстояние от кандидата в средние до мнений экспертов. Найденное таким способом среднее мнение называют медианой Кемени. Таким образом, медиана Кемени – это значение  $Y$ , при котором достигает минимума сумма расстояний Кемени от каждого значения множества ответов экспертов до текущей переменной  $Y$ , по которой и проводится минимизация:

$$\min_X C(Y), \text{ где } C(Y) = \sum_{I=A}^X d(I, Y).$$

Медиана Кемени определяет ранжировку, которая находится на наименьшем расстоянии от коллективного мнения группы экспертов. Проведем расчеты, в которых роль  $Y$  играют  $A$ ,  $B$  и т.д.:

$$C(A) = d(A,A) + d(B,A) + d(C,A) + d(D,A) + d(E,A) + d(F,A) + d(G,A) + d(H,A) + \dots + d(X,A) = 0 + 10 + 18 + 22 + 20 + 14 + 4 + 7 + 8 + 18 + 10 + 10 + 8 + 1 + 10 + 12 + 11 + 4 + 6 + 5 + 6 + 18 + 6 + 15 + 13 + 15 = 247;$$

$$C(B) = d(A,B) + d(B,B) + d(C,B) + d(D,B) + d(E,B) + d(F,B) + d(G,B) + d(H,B) + \dots + d(X,B) = 10 + 0 + 8 + 16 + 14 + 16 + 14 + 17 + 18 + 16 + 20 + 21 + 11 + 11 + 8 + 6 + 13 + 14 + 16 + 16 + 12 + 18 + 16 + 14 = 325.$$

Для остальных матриц расчеты проводятся аналогично.

Из всех вычисленных сумм наименьшая равна 247, и достигается она при  $Y = P$ , следовательно, медиана Кемени – матрица парных сравнений  $\|p_{ij}\|$  эксперта 16. Значит, среднее мнение комиссии описывается квадратной матрицей  $\|p_{ij}\|$ , по которой можно сформировать следующее ранжирование показателей по убыванию их значимости:

$$E_4 > E_3 > E_5 = E_6 > E_2 = E_1.$$

(5)    (4)    (2)    (2)    (1)    (1)

Из данного ранжирования видно, что для экспертов самым предпочтительным является показатель заработной платы, несколько меньшее предпочтение эксперты отдают протяженности дорог общего пользования. Пока в регионе ключевыми промышленными предприятиями, относящимися к ОПК, машиностроению, пищевой промышленности, производству электрооборудования и другим, действительно обеспечивается достаточно высокий уровень средней заработной платы, а поддержка малого и среднего бизнеса еще более будет способствовать привлечению инвестиций и организации новых рабочих мест.

Угрозой может выступать рост в округе более конкурентоспособных предложений для молодых и квалифицированных специалистов, что может привести к сильному оттоку населения, снижению потребительской активности (в первую очередь в сфере недвижимости, демонстрирующей на протяжении нескольких последних лет лидерство по инвестициям) и в конечном итоге – к повышению социально-экономической напряженности.

Решить проблему транспортной доступности и использовать плюсы географического расположения позволит объединение Люберец в единый жилой район с уже присоединенным к Москве интенсивно застраиваемым поселком Некрасовка по аналогии с районами Железнодорожный – Балашиха, повышение частоты движения электропоездов, строительство радиальной трассы и ввод линий метро.

Равноценными для экспертов оказались показатели охраны окружающей среды и строительства жилья, но они предпочтительнее, чем численность населения.

Лидерство в области по количеству промышленных выбросов в атмосферу, высокий уровень загрязнения воздуха, возрастающий при неблагоприятных метеоусловиях, и общее неудовлетворительное состояние окружающей среды вызывают социально-демографические проблемы, а Люберецы, согласно генеральному рейтингу качества городской среды российских городов за 2014 г., занимают только 23-е место, значительно уступая схожим по расположению и численности населения Подольску, Балашихе, Одинцово, Пушкино, Мытищам.

*Этап 2. Определение системы весов показателей.* Каждому показателю  $E_i$  присвоен уровень его значимости с помощью определения весов  $p_i$ . Если система показателей проранжирована в порядке убывания их значимости, то значимость  $i$ -го показателя  $p_i$  следует определять по правилу Фишберна [14, 15]:

$$p_i = \frac{2(n-i+1)}{(n+1)n}.$$

Если все показатели обладают равной значимостью (равнопредпочтительны или системы предпочтений нет), тогда  $p_i = 1/n$ .

Таким образом, в соответствии с полученной ранжировкой получились следующие веса для показателей  $p_4 = 0,2857$ ,  $p_3 = 0,2385$ ,  $p_5 = 0,1905$ ,  $p_6 = 0,1905$ ,

$$p_1 = p_2 = \frac{1 - (0,2857 + 0,2385 + 0,1905 + 0,1905)}{2} = 0,0474.$$

*Этап 3. Построение функции принадлежности.* Определим лингвистическую переменную  $V$  «уровень показателя  $E_i$ » с введением пяти термов  $B1$  – «очень низкий уровень показателя  $E_i$ »,  $B2$  – «низкий уровень показателя  $E_i$ »,  $B3$  – «средний уровень показателя  $E_i$ »,  $B4$  –

«высокий уровень показателя  $E_i$ »,  $B5$  – «очень высокий уровень показателя  $E_i$ » и построим функции принадлежности значений локальных показателей элементам множества всех возможных значений лингвистической переменной  $B$  [16]. Функции принадлежности строятся на основании обработки опросов экспертов. Эксперты указывают интервалы значений для конкретного показателя, при которых считают, что уровень этого показателя можно охарактеризовать как низкий или высокий. Результаты опроса частично приведены в *табл. 3*.

Пусть некоторой группе из  $N$  экспертов предлагается сопоставить количественные значения наблюдаемого параметра  $K$  и его качественное описание – нечеткое подмножество «высокий уровень  $K_i$ ». Результатом опроса является  $N$  интервалов вещественной оси  $[a_j, b_j]$ ,  $j = 1, \dots, N$  (*табл. 3*). Определим  $A = \min(a_j)$ ,  $B = \min\{\max(a_j), \min(b_j)\}$ ,  $C = \max\{\max(a_j), \min(b_j)\}$ ,  $D = \max(b_j)$ . Тогда четыре пары чисел  $(A, 0)$ ,  $(B, 1)$ ,  $(C, 1)$ ,  $(D, 0)$  являются множеством вершин трапециевидной функции принадлежности. Таким образом, получаем трапециевидное  $T$ -число  $\gamma_{B_i}(a_1, a_2, a_3, a_4)$  для описания нечеткого подмножества «высокий уровень  $K_i$ », где  $a_1$  соответствует величина  $A$ ,  $a_2$  –  $B$ ,  $a_3$  –  $C$ ,  $a_4$  –  $D$ .

Трапециевидные числа, характеризующие соответствующие функции принадлежности [17], представлены в *табл. 4*.

Остальные три состояния параметра (очень низкое, среднее, очень высокое) описываются функциями принадлежности, которые являются композициями двух уже построенных. По этим данным можно построить графики функций принадлежности (*рис. 4*). Рассмотрим данную процедуру для одного из выбранных показателей.

Чтобы построить очень низкий, средний и очень высокий уровни, нам необходимы уровни низкий и высокий. На *рис. 4* точка  $(0, 1; 0)$  относится к низкому уровню. Это означает, что если эксперты с полной неуверенностью или с уверенностью в 0%, говорят, что показатель  $E_1$  относится к низкому уровню, то

с полной уверенностью (100%) говорят, что данный показатель относится к очень низкому уровню. Так же с точкой  $(0, 6; 0)$ : если эксперты с полной неуверенностью говорят, что показатель  $E_1$  относится к высокому уровню, то с полной уверенностью данный показатель будет относиться к среднему уровню и т.д.

Наряду с графическим отображением функции принадлежности могут быть представлены аналитически. Классификация уровня значений показателя  $E_1$  представлена в *табл. 5*.

Таким образом, набор функций  $\lambda_{B_1-B_5}(E_i)$  по каждому параметру  $E_i$ , построенный как развернутая экспертная оценка, является индивидуальной классификацией объекта исследования [18], учитывающей специфику не только субъекта, но и периода, за который проводится анализ.

*Этап 4. Распознавание уровня показателей.* На основе построенных функций принадлежности, классификации уровня значения локальных показателей и нормированных значений локальных показателей осуществляется расчет значений функций принадлежности за 2015 и 2026 гг. для  $t = B_1, B_2, \dots, B_5$  и распознавание уровня показателей для нашего примера (*табл. 6, 7*). Для этого нормированные значения показателей подставляются в интервалы значений уровня показателей, представленные, например, для  $E_1$  в *табл. 5*.

Рассчитаем промежуточный коэффициент  $Y_t$ ,  $t = B_1, B_2, \dots, B_5$  по формуле

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \lambda_t(E_i)}{\sum_{i=1}^n p_i},$$

где  $t$  – указывает на соответствующий элемент из терм-множества лингвистической переменной  $B$  «уровень значений показателя  $E_i$ »;

$p_i$  – веса, оцененные на этапе 2;

$\lambda_t(E_i)$  – находится из *табл. 6, 7*.

Приведем расчет коэффициента  $Y_{B1}$  за 2015 г. (заметим, что коэффициенты  $Y_{B1}$  за 2015 и 2016 гг. оказываются одинаковыми):

$$Y_{15B1} = (0,0474 \cdot 1 + 0,0474 \cdot 1 + 0,2385 \cdot 1 + 0,2857 \cdot 0 + 0,1905 \cdot 1 + 0,1905) / 1 = 0,7143.$$

*Этап 5. Расчет интегрального показателя.* Основная задача построения интегрального показателя может быть сформулирована следующим образом: определить процедуру (функцию или алгоритм), связывающую набор показателей  $\{E\}$  с комплексным показателем  $V$  [19]. По мере получения количественных значений  $V$  и на основании функций  $\{\mu\}$  конструируется следующее утверждение: лингвистическая переменная  $A$  «степень привлекательности для жизни» принимает одно из следующих значений:

- «очень низкая степень привлекательности» с уровнем соответствия  $\mu_{A1}(V)$ ;
- «низкая степень привлекательности» с уровнем соответствия  $\mu_{A2}(V)$ ;
- «средняя степень привлекательности» с уровнем соответствия  $\mu_{A3}(V)$ ;
- «высокая степень привлекательности» с уровнем соответствия  $\mu_{A4}(V)$ ;
- «очень высокая степень привлекательности» с уровнем соответствия  $\mu_{A5}(V)$ .

Таким образом, терм-множество лингвистической переменной  $A$  «степень привлекательности для жизни в исследуемом районе» состоит из пяти компонентов. Каждому из термов  $A_1, \dots, A_5$  соответствуют свои функции принадлежности  $\mu_{A1}(V), \dots, \mu_{A5}(V)$ , где  $V$  – интегральный показатель степени привлекательности для жизни в исследуемом районе, причем чем выше  $V$ , тем выше степень привлекательности с точки зрения выпускников университета «Дубна». Графики функций  $\mu_k(V)$ ,  $k = A_1, \dots, A_5$  выбраны на основе анализа опыта различных классификаций лингвистических переменных подобного вида [20].

Теперь рассчитаем интегральный показатель  $V$  по следующей формуле:

$$V = Y_{B1} \otimes \beta_{A1} + Y_{B2} \otimes \beta_{A2} + Y_{B3} \otimes \beta_{A3} + Y_{B4} \otimes \beta_{A4} + Y_{B5} \otimes \beta_{A5},$$

здесь знак  $\otimes$  выражает операцию умножения действительного числа на нечеткое число, значения  $Y_i$  при  $t = B_1, B_2, \dots, B_5$ , вычисляются по формуле расчета промежуточного коэффициента,  $T$ -числа  $\{\square\}$  описывают функции принадлежности лингвистической переменной  $A$  «степень привлекательности для жизни в исследуемом районе». Операция умножения действительного числа на  $T$ -число есть операция умножения этого действительного числа на каждый компонент  $T$ -числа, результатом которой является  $T$ -число.

Таким образом, в расчете показателя  $V$  участвуют две введенные лингвистические переменные: лингвистическая переменная  $A$  «степень привлекательности для жизни в исследуемом районе» и лингвистическая переменная  $B$  «уровень показателя  $E_i$ ». Заметим, что в данном случае  $k = t = 5$ , где  $k = A_1, \dots, A_5$ ,  $t = B_1, \dots, B_5$ .

Рассчитаем интегральные показатели [21] степени привлекательности для жизни в исследуемом районе в нечеткой форме. Значения интегральных показателей оказались одинаковыми для 2015 и 2016 гг.:

$$V_{15} = (0,2142; 0,2484; 0,3928; 0,4642);$$

$$V_{16} = (0,2142; 0,2484; 0,3928; 0,4642).$$

Переход от нечеткого числа  $V$  к действительному виду (дефаззификация), пригодному для использования лицом, принимающим решение, осуществим методом среднего максимума, хотя существуют и другие способы [22]:

$$V = \tilde{\beta}(a_1, a_2, a_3, a_4) = \frac{a_2 + a_3}{2}.$$

В таком случае

$$V_{15} = (0,2484 \ 0,3928) / 2 = 0,3206;$$

$$V_{16} = (0,2484 \ 0,3928) / 2 = 0,3206.$$

Проведем распознавание степени привлекательности для жизни в исследуемом районе. По графикам функций принадлежности формируем табл. 8, на основании которой анализируем числовые значения  $V_{15}$  и  $V_{16}$  и с определенной уверенностью делаем вывод о степени привлекательности для жизни исследуемого района с точки зрения выпускников Государственного университета «Дубна».

Результаты распознавания представлены в табл. 9.

В 2015 г. и 2016 гг. значение интегрального показателя  $V$  составляет 0,3206 (табл. 9) и входит в интервал  $0,25 < V < 0,35$ . Это говорит о том, что эксперты считают степень привлекательности для жизни в исследуемом районе низкой, с уровнем соответствия, равным единице, то есть на 100% лингвистическая переменная «степень привлекательности для жизни в исследуемом районе» принадлежит терму «низкая степень привлекательности для выпускников». То, что интегральный показатель не перешел из одного термина в другой, отражает отсутствие качественных изменений.

Таким образом, в анализируемом периоде интегральные показатели не достигли наивысшего термина, то есть выбор исследуемого района для жизни не является привлекательным с точки зрения выбранных экспертов.

К полученным результатам следует относиться лишь как к некоторому апробированию предлагаемой методики, обусловленному трудоемкостью расчетов и отражающему мнение небольшой группы опрошенных. Для выбранного объекта функциональные возможности ППП MS Excel и Statistica наилучшим образом позволили построить математические модели социально-

экономического состояния территориальных образований с точки зрения исследователя, но для проведения статистически обоснованного исследования необходимо автоматизировать процесс и разработать специализированную компьютерную программу.

Полученные в исследовании выводы подтверждают текущую социально-экономическую ситуацию в исследуемом районе. Несмотря на свою близость к Москве исследуемый район и его центр – Люберцы не относятся к наиболее престижным направлениям и не могут быть оценены однозначно. Сложная экологическая обстановка, рост заболеваний дыхательной системы и кровообращения требуют тщательного подхода к выбору направления дальнейшего развития территории: улучшению систем водоснабжения и повышению качества питьевой воды; ликвидации полигонов бытовых отходов, строительству современных очистных сооружений и предприятий по переработке, повышению эффективности использования промышленных и складских зон; благоустройству территорий и озеленению и т.д.

Недостаток объектов социальной инфраструктуры и высокая степень их износа, нехватка энергетических мощностей для строительства нового жилищного фонда и технического перевооружения предприятий, отсутствие замены ветхому и аварийному жилью оказывают влияние на репутацию исследуемого района и сказываются на его привлекательности для населения. Однако на фоне развития экономики исследуемого района и реализации намеченных местной властью программ неизбежны изменения, направленные на социальную защиту населения, повышение качества жизни и привлекательности региона.

**Таблица 1**

**Значения локальных показателей за 2015–2016 гг. по исследуемому району и Московской области**

**Table 1**

**Local indicator values for 2015–2016 for the investigated area and the Moscow Oblast**

Показатель	Исследуемый район		Московская область	
	2015	2016	2015	2016
$E_1$ , чел.	291 510	296 177	7 318 647	7 423 470
$E_2$ , ед.	68	68	2 520	2 520
$E_3$ , км	276	283	22 400	22 956
$E_4$ , руб.	46 214	48 839	40 643	42 656
$E_5$ , тыс. руб.	99 029	53 023	11 020 000	11 409 000
$E_6$ , м <sup>2</sup>	344 387	374 237	9 623 000	8 914 000

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 2**

**Нормированные значения локальных показателей за 2015–2016 гг.**

**Table 2**

**Normalized values of local indicators for 2015–2016**

Показатель	2015	2016
$E_1$	0,039831	0,039897
$E_2$	0,026984	0,026984
$E_3$	0,012321	0,012348
$E_4$	1,137071	1,144938
$E_5$	0,008986	0,004647
$E_6$	0,035787	0,041983

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 3**

Фрагмент результатов анкетирования несколькими экспертами по одному показателю

**Table 3**

A fragment of the results of questionnaire survey performed by several experts for one indicator

Показатель	Эксперт	Интервалы для низкого уровня показателя	Интервалы для высокого уровня показателя	Интервалы для низкого уровня показателя	Интервалы для высокого уровня показателя
		2015 г.		2016 г.	
E <sub>1</sub>	Э1	[0,2; 0,5]	[0,7; 0,8]	[0,3; 0,5]	[0,7; 0,9]
	Э2	[0,2; 0,4]	[0,7; 0,9]	[0,2; 0,5]	[0,7; 1]
	Э3	[0,2; 0,5]	[0,7; 0,9]	[0,2; 0,5]	[0,8; 1]
	Э4	[0,2; 0,4]	[0,7; 1]	[0,3; 0,5]	[0,8; 1]
	Э5	[0,2; 0,4]	[0,6; 0,9]	[0,3; 0,4]	[0,8; 1]
	Э6	[0,1; 0,5]	[0,6; 1]	[0,2; 0,5]	[0,8; 1]
	Э7	[0,2; 0,3]	[0,7; 0,8]	[0,2; 0,4]	[0,9; 1]
	Э8	[0,1; 0,4]	[0,7; 0,8]	[0,3; 0,4]	[0,8; 1]
	Э9	[0,4; 0,6]	[0,8; 1]	[0,3; 0,5]	[0,8; 1]
	Э10	[0,3; 0,5]	[0,6; 0,9]	[0,3; 0,5]	[0,8; 0,9]

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 4**

Трапецевидные T-числа для описания функций принадлежности нечетких подмножеств B2 и B4

**Table 4**

Trapezoidal T-numbers to describe membership functions of fuzzy subsets B2 and B4

Показатель	2015 г.		2016 г.	
	T-числа $\gamma_{B2}$ для терма «низкий уровень показателя»	T-числа $\gamma_{B4}$ для терма «высокий уровень показателя»	T-числа $\gamma_{B2}$ для терма «низкий уровень показателя»	T-числа $\gamma_{B4}$ для терма «высокий уровень показателя»
E <sub>1</sub>	(0,1;0,3;0,4;0,6)	(0,6;0,7;0,8;1)	(0,1;0,3;0,4;0,5)	(0,7;0,8;0,9;1)
E <sub>2</sub>	(0,1;0,2;0,3;0,4)	(0,5;0,6;0,8;0,9)	(0,1;0,2;0,3;0,4)	(0,5;0,6;0,8;0,9)
E <sub>3</sub>	(0,1;0,2;0,3;0,4)	(0,4;0,6;0,6;0,8)	(0,2;0,3;0,4;0,5)	(0,6;0,7;0,8;0,9)
E <sub>4</sub>	(0,2;0,3;0,4;0,5)	(0,7;0,8;0,9;1)	(0,2;0,3;0,4;0,5)	(0,7;0,7;0,9;1)
E <sub>5</sub>	(0,1;0,2;0,4;0,5)	(0,5;0,6;0,8;0,9)	(0,1;0,2;0,4;0,5)	(0,5;0,6;0,8;0,9)
E <sub>6</sub>	(0,2;0,4;0,5;0,7)	(0,6;0,8;0,9;1)	(0,1;0,2;0,4;0,5)	(0,5;0,6;0,7;0,9)

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 5**

**Классификация уровня значений локального показателя  $E_1$  за 2015 г.**

**Table 5**

**Classification of the level of values of the local indicator  $E_1$  for 2015**

Интервал значений	Классификация уровня	Функция принадлежности
$0 \leq E_1 \leq 0,1$	Очень низкий	1
$0,1 < E_1 < 0,2$	Очень низкий	$\lambda_{B1} = 10(0,2 - E_1)$
	Низкий	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$
$0,2 \leq E_1 \leq 0,4$	Низкий	1
$0,4 < E_1 < 0,6$	Низкий	$\lambda_{B2} = 5(0,6 - E_1)$
	Средний	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$E_1 = 0,6$	Средний	1
$0,6 < E_1 < 0,7$	Средний	$\lambda_{B3} = 10(0,7 - E_1)$
	Средний	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0,7 \leq E_1 \leq 0,8$	Высокий	1
$0,8 < E_1 < 0,9$	Высокий	$\lambda_{B4} = 10(0,9 - E_1)$
	Очень высокий	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$E_1 = 1$	Очень высокий	1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 6**

**Распознавание уровня принадлежности локальных показателей за 2015 г.**

**Table 6**

**Recognition of the level of membership of local indicators for 2015**

$E$	$\lambda_{B1}(E_{15i})$	$\lambda_{B2}(E_{15i})$	$\lambda_{B3}(E_{15i})$	$\lambda_{B4}(E_{15i})$	$\lambda_{B5}(E_{15i})$
$E_1$	1	0	0	0	0
$E_2$	1	0	0	0	0
$E_3$	1	0	0	0	0
$E_4$	0	0	0	0	1
$E_5$	1	0	0	0	0
$E_6$	1	0	0	0	0

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 7****Распознавание уровня принадлежности локальных показателей за 2016 г.****Table 7****Recognition of the level of membership of local indicators for 2016**

$E$	$\lambda_{B1}(E_{16i})$	$\lambda_{B2}(E_{16i})$	$\lambda_{B3}(E_{16i})$	$\lambda_{B4}(E_{16i})$	$\lambda_{B5}(E_{16i})$
$E_1$	1	0	0	0	0
$E_2$	1	0	0	0	0
$E_3$	1	0	0	0	0
$E_4$	0	0	0	0	1
$E_5$	1	0	0	0	0
$E_6$	1	0	0	0	0

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 8****Уровни привлекательности для жизни в исследуемом районе, по мнению выпускников Государственного университета «Дубна»****Table 8****Levels of attractiveness for life in the investigated area, according to the Dubna State University graduates**

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Степень оценочной уверенности (функция принадлежности)
$0 \leq V \leq 0,15$	Очень низкая степень привлекательности для выпускников	1
$0,15 < V < 0,25$	Очень низкая степень привлекательности для выпускников	$\mu_{A1} = 10(0,25 - V)$
	Низкая степень привлекательности для выпускников	$1 - \mu_{A1} = \mu_{A2}$
$0,25 \leq V \leq 0,35$	Низкая степень привлекательности для выпускников	1
	Низкая степень привлекательности для выпускников	$\mu_{A2} = 10(0,45 - V)$
$0,35 < V < 0,45$	Средняя степень привлекательности для выпускников	$1 - \mu_{A2} = \mu_{A3}$
	Средняя степень привлекательности для выпускников	1
$0,45 \leq V \leq 0,55$	Средняя степень привлекательности для выпускников	$\mu_{A3} = 10(0,65 - V)$
	Высокая степень привлекательности для выпускников	$1 - \mu_{A3} = \mu_{A4}$
$0,65 \leq V \leq 0,75$	Высокая степень привлекательности для выпускников	1
	Высокая степень привлекательности для выпускников	$\mu_{A4} = 10(0,85 - V)$
$0,75 < V < 0,85$	Очень высокая степень привлекательности для выпускников	$1 - \mu_{A4} = \mu_{A5}$
	Очень высокая степень привлекательности для выпускников	1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 9**

**Распознавание уровня привлекательности для жизни в исследуемом районе выпускниками Государственного университета «Дубна»**

**Table 9**

**Recognition of the level of attractiveness for life in the investigated area by the Dubna State University graduates**

Год	Значение $V$	Интервал значений	Классификация уровня показателя (терм)	Степень оценочной уверенности
2015	0,3206	$0,25 < V < 0,35$	Низкая степень привлекательности для выпускников	1
2016	0,3206	$0,25 < V < 0,35$	Низкая степень привлекательности для выпускников	1

Источник: авторская разработка

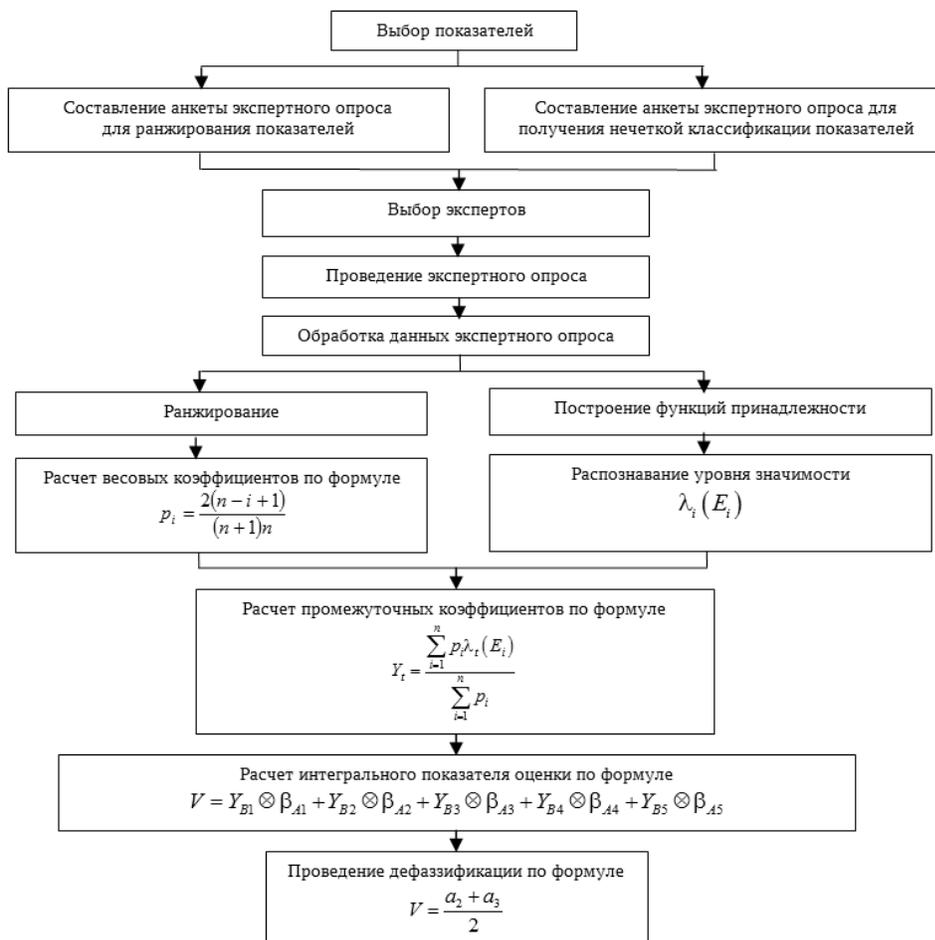
Source: Authoring

**Рисунок 1**

**Методика построения интегрального показателя**

**Figure 1**

**A methodology for integral indicator construction**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 2**  
**Фрагмент результатов парных сравнений для каждого эксперта**

**Figure 2**  
**A fragment of the results of paired comparisons for each expert**

Эксперты	Матрицы парных сравнений
Эксперт 1	$\ a_{ij}\  = \begin{pmatrix} - & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & - & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & - & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & - & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & - \end{pmatrix}$
Эксперт 2	$\ b_{ij}\  = \begin{pmatrix} - & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & - & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & - & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & - & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & - \end{pmatrix}$
Эксперт 3	$\ c_{ij}\  = \begin{pmatrix} - & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & - & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & - & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & - & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & - \end{pmatrix}$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 3**  
**Фрагмент результатов расчетов расстояния Кемени**

**Figure 3**  
**A fragment of the results of Kemeny distance calculation**

	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10
Э1	0	10	18	22	20	14	4	7	8	18
Э2	10	0	8	16	14	16	14	17	18	16
Э3	18	8	0	12	14	16	18	21	22	16
Э4	22	16	12	0	10	16	26	23	22	20
Э5	20	14	14	10	0	18	24	23	24	14
Э6	14	16	16	16	18	0	14	17	14	20
Э7	4	14	18	26	24	14	0	3	4	14
Э8	7	17	21	23	23	17	3	0	5	11
Э9	8	18	22	22	24	14	4	5	0	14
Э10	18	16	16	20	14	20	14	11	14	0

Источник: авторская разработка

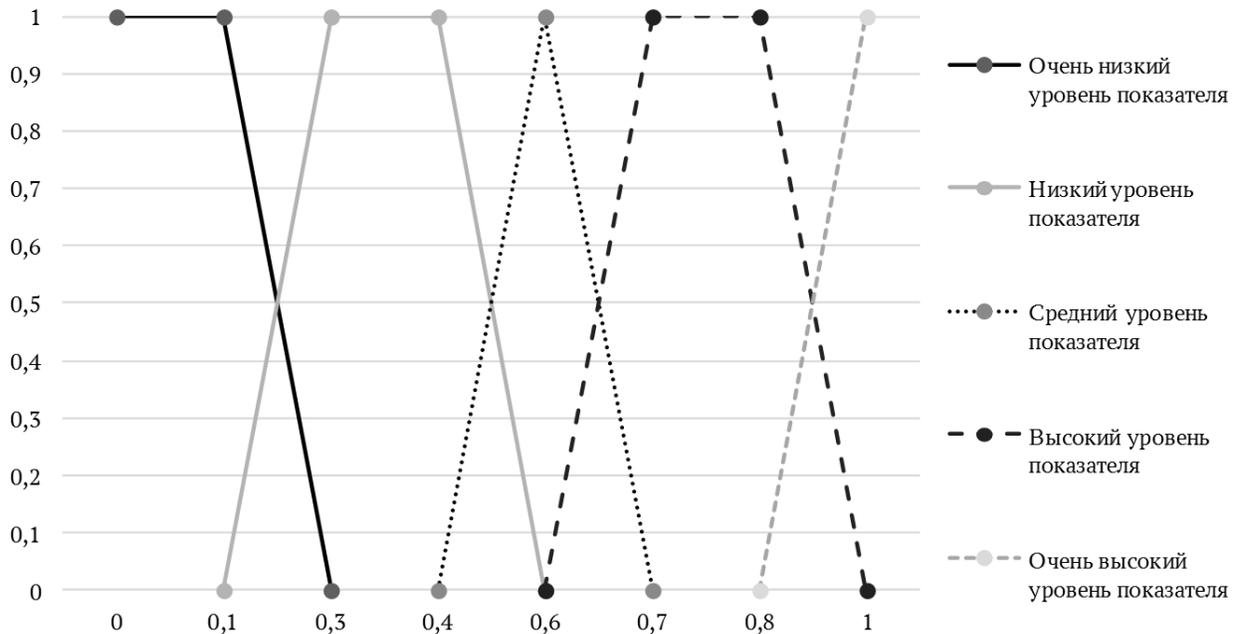
Source: Authoring

**Рисунок 4**

Построение функций принадлежности  $\mu_{B_1-B_5}(E_1)$  лингвистической переменной «показатель численности населения» за 2015 г.

**Figure 4**

Construction of membership functions  $\mu_{B_1-B_5}(E_1)$  for the *Population Indicator* linguistic variable for 2015



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Клейнер Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория // Экономика и математические методы. 2001. Т. 37. № 3. С. 111–127.
2. Орлов А.И. Нечисловая статистика. М.: МЗ-Пресс, 2004. 513 с.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 167 с.
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
5. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Радио и связь, 1981. 286 с.
6. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
7. Пахомова Е.А., Харчева Т.С., Шаркова Т.С. Комплексный анализ социально-экономического положения муниципальных районов Московской области на основе экономико-математического инструментария // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. Т. 12. Вып. 9. С. 4–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kompleksnyy-analiz-sotsialno-ekonomicheskogo-polozheniya-munitsipalnyh-rayonov-moskovskoy-oblasti-na-osnove-ekonomiko>

8. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.
9. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. 352 с.
10. Бондаренко П.В., Фокина Е.А., Трухляева А.А. Применение теории нечетких множеств для оценки качества жизни населения региона // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11-5. С. 967–971.
11. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: некоторые приложения. М.: Советское радио, 1972. 192 с.
12. Бирюлева Е.П., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А., Чудина Е.В. Методы прикладной статистики для решения задач управления вузом // *Аудит и финансовый анализ*. 2009. № 4. С. 115–148.
13. Гольц Г.Г., Гольц Г.А., Картавенко Г.Г. Методы преобразования массива социально-экономических показателей на региональном и федеральном уровнях // *Известия РАН. Серия географическая*. 2008. № 2. С. 13–26.
14. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2001. 756 с.
15. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978. 352 с.
16. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. М.: Радио и связь, 1989. 304 с.
17. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: Машиностроение, 2004. 397 с.
18. Пахомова Е.А. Методологические основы влияния вуза на эффективность регионального развития. М.: МЭЙЛЕР, 2010. 725 с.
19. Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. М.: Наука, 1986. 312 с.
20. Гетманцев А.А., Сомина И.В. Теория нечетких множеств как математический аппарат для оценки инновационного потенциала предприятия // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10643>
21. Недосекин А.О. Нечеткие множества и финансовый менеджмент. М.: Аудит и финансовый анализ, 2003. 184 с.
22. Ротштейн А.П., Кательников Д.И. Идентификация нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний // *Кибернетика и системный анализ*. 1998. № 5. С. 53–61.

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## APPLYING THE NON-NUMERIC DATA STATISTICS METHODS TO ANALYZE OBJECTS: THE MOSCOW OBLAST MUNICIPALITY CASE

Tat'yana A. LYCHAGINA<sup>a</sup>, Elena A. PAKHOMOVA<sup>b\*</sup>, Ol'ga V. ROZHKOVA<sup>c</sup>,  
Evgenii A. STAROSTIN<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
lychagina@jinr.ru  
ORCID: not available

<sup>b</sup> Dubna State University, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
pakhomova.ea@phystech.edu  
ORCID: not available

<sup>c</sup> Dubna State University, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
olga\_r2006@mail.ru  
ORCID: not available

<sup>d</sup> Dubna State University, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation  
starostinudjin1@mail.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 30 July 2018  
Received in revised form  
15 August 2018  
Accepted 28 August 2018  
Available online  
29 October 2018

**JEL classification:** C02, C82,  
O18, R11

**Keywords:** expert estimation,  
pairwise comparison, Kemeny  
median, fuzzy set, integral  
index

### Abstract

**Subject** The article addresses the estimation of social and economic activity of territories as parties to competitive relationships.

**Objectives** The aim is to construct an integral index to assess the degree of area's attractiveness based on non-numeric data statistics methods.

**Methods** The choice of research techniques is dictated by the specifics of socio-economic problems. To find solutions often involves non-numeric data that are highly dependent on the scope of activities and subjective estimation. We employ expert estimations and the fuzzy set theory tools using the results of the survey for the Dubna State University graduates.

**Results** We selected socio-economic indicators for the Moscow Oblast for 2015–2016 and developed a sequential algorithm that includes stages of processing the expert opinions through paired comparison, rationing, ranking, system of weights determination, membership function construction and integral index calculation for each year. The obtained result shows that for the two analyzed years the integral indices of the Lyubertsy region's attractiveness were not high.

**Conclusions** The findings confirm the current ambiguous socio-economic situation in the region, which indicates the consistency of results obtained with the help of fuzzy set tools. The materials and conclusions of the study are an example of implementing new information technologies to manage the region. This expands the boundaries of practical use of the proposed tools.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Lychagina T.A., Pakhomova E.A., Rozhkova O.V., Starostin E.A. Applying the Non-Numeric Data Statistics Methods to Analyze Objects: The Moscow Oblast Municipality Case. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 10, pp. 1962–1980.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.10.1962>

### Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research as part of project № 16-06-00054 *Instrumental and Methodological Approach to Adapting the Triple-Helix Model to Russia Considering the Historical Retrospect*.

## References

1. Kleiner G.B. [Mathematical modeling in economics and economic theory]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2001, vol. 37, no. 3, pp. 111–127. (In Russ.)
2. Orlov A.I. *Nechislovaya statistika* [Non-numeric data statistics]. Moscow, MZ-Press Publ., 2004, 513 p.
3. Zadeh L. *Ponyatie lingvisticheskoi peremennoi i ee primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh reshenii* [The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning]. Moscow, Mir Publ., 1976, 167 p.
4. Kaufmann A. *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv* [Introduction à la théorie des sous-ensembles flous: à l'usage des ingénieurs]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1982, 432 p.
5. Orlovskii S.A. *Problemy prinyatiya reshenii pri nechetkoi iskhodnoi informatsii* [Problems of decision-making with fuzzy initial information]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1981, 286 p.
6. Piegat A. *Nechetkoe modelirovaniye i upravleniye* [Fuzzy Modeling and Control]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2013, 798 p.
7. Pakhomova E.A., Kharcheva T.S., Sharkova T.S. [A comprehensive analysis of the socio-economic situation of municipal districts on the basis of economic-mathematical tools: Evidence from the Moscow oblast]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2016, vol. 12, iss. 9, pp. 4–17.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kompleksnyy-analiz-sotsialno-ekonomicheskogo-polozheniya-munitsipalnyh-rayonov-moskovskoy-oblasti-na-osnove-ekonomiko> (In Russ.)
8. Yarushkina N.G. *Osnovy teorii nechetkikh i gibridnykh sistem* [Fundamentals of the theory of fuzzy and hybrid systems]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2004, 320 p.
9. Altunin A.E., Semukhin M.V. *Modeli i algoritmy prinyatiya reshenii v nechetkikh usloviyakh* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy environment]. Tyumen, TSU Publ., 2000, 352 p.
10. Bondarenko P.V., Fokina E.A., Trukhlyaeva A.A. [Application of the theory of fuzzy sets for assessment of the quality of life population of the region]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2015, no. 11-5, pp. 967–971. (In Russ.)
11. Kemeny J., Snell L.J. *Kiberneticheskoe modelirovaniye: nekotorye prilozheniya* [Mathematical Models in the Social Sciences]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1972, 192 p.
12. Biryuleva E.P., Lychagina T.A., Pakhomova E.A., Chudina E.V. [Methods of applied statistics to solve the problems of High School on the example of the University of Dubna and the Moscow region]. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*, 2009, no. 4, pp. 115–148. (In Russ.)
13. Gol'ts G.G., Gol'ts G.A., Kartavenko G.G. [Methods to convert an array of socio-economic indicators at the federal and regional level]. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*, 2008, no. 2, pp. 13–26. (In Russ.)
14. Shtovba S.D. *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku* [Introduction to the theory of fuzzy sets and the fuzzy logic]. Vinnitsa, UNIVERSUM-Vinnitsa Publ., 2001, 756 p.

15. Fishburn P. *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya reshenii* [Utility Theory for Decision Making]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 352 p.
16. Borisov A.N., Alekseev A.V., Merkur'eva G.V. *Obrabotka nechetkoi informatsii v sistemakh prinyatiya reshenii* [Processing the fuzzy information in decision making systems]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1989, 304 p.
17. Diligenskii N.V., Dymova L.G., Sevast'yanov P.V. *Nechetkoe modelirovanie i mnogokriterial'naya optimizatsiya proizvodstvennykh sistem v usloviyakh neopredelennosti: tekhnologiya, ekonomika, ekologiya* [Fuzzy modeling and multicriteria optimization of production systems in conditions of uncertainty: Technology, economy, ecology]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2004, 397 p.
18. Pakhomova E.A. *Metodologicheskie osnovy vliyaniya vuza na effektivnost' regional'nogo razvitiya* [Methodological framework for assessing impact of a higher school on effectiveness of regional development]. Moscow, MEILER Publ., 2010, 725 p.
19. Averkin A.N., Batyrshin I.Z., Blishun A.F. *Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta* [Fuzzy sets in models of management and artificial intelligence]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 312 p.
20. Getmantsev A.A., Somina I.V. [Fuzzy set theory as a mathematical assessment innovation capacity of enterprises]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 5. (In Russ.)  
URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10643>
21. Nedosekin A.O. *Nechetkie mnozhestva i finansovyi menedzhment* [Fuzzy sets and financial management]. Moscow, Audit i finansovyi analiz Publ., 2003, 184 p.
22. Rotshtein A.P., Katel'nikov D.I. [Identification of nonlinear dependence by a fuzzy knowledge base]. *Kibernetika i sistemnyi analiz = Cybernetics and Systems Analysis*, 1998, no. 5, pp. 53–61. (In Russ.)

### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.