

АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА

На правах рукописи

**СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕРВИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРСЕПЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В
АВИАКОМПАНИЯХ**

Специальность: 3338.01 – Системный анализ, управление и обработка информации(управление и принятие решений)

Отрасль науки: Технический

Соискатель: **Иманова Севиль Новруз кызы**



АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии
по технике

Баку – 2024

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Компьютерная инженерия» факультета информационных технологий и менеджмента в Азербайджанском государственном университете нефти и промышленности.

Научный руководитель: Чл. Корр. НАНА, доктор технических наук, профессор
Алиев Рафиг Азиз оглу

Официальные оппоненты:

1. Чл. Корр. НАНА, доктор технических наук, профессор

Исмаилов Исмаил Махмуд оглы

2. доктор технических наук, профессор

Гардашова Летафет Аббас кызы

3. доктор технических наук, профессор

Мамедов Джаваншир Фирудин оглы

Диссертационный совет E.D 2.48, Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики, действующий на базе Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности

Председатель диссертационного совета



Член Корр. НАНА, доктор технических наук, профессор

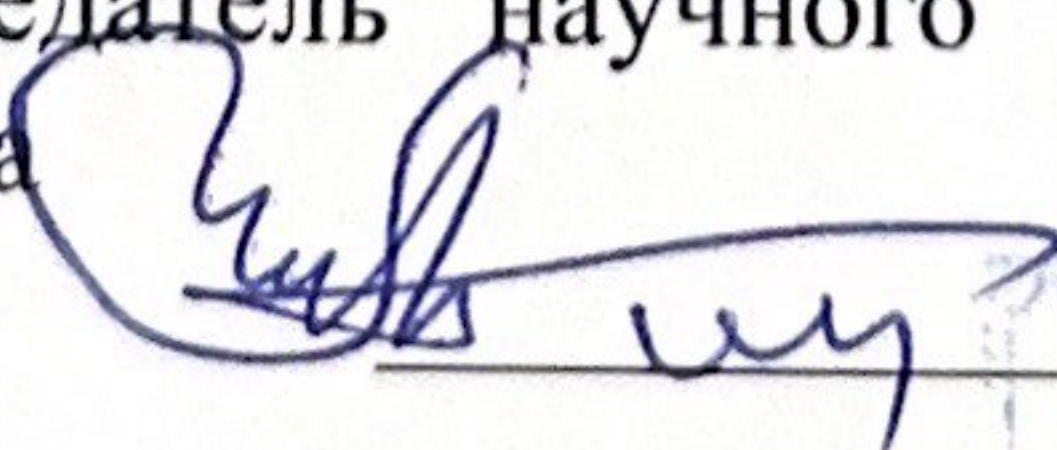
Алиев Рафиг Азиз оглу

Ученый секретарь диссертационного совета



кандидат технических наук, доцент **Ализаде Акиф Вали оглы**

Председатель научного семинара



доктор технических наук, профессор **Абдуллаев Гарлан Самед оглы**

IMZANI TƏSLƏ

ADNSU-nun Elmi Kə

dosent N. Əliyeva



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и степень ее разработанности. Качественное и стабильное функционирование гражданского авиатранспорта в значительной степени способствует полноценному развитию экономики любого государства и является одним из важных индикаторов качества жизни людей. На современном этапе развития экономики сектор гражданских авиаперевозок характеризуется чрезмерно жесткой конкуренцией, особенно в сфере предоставления сервисных услуг как непосредственно в аэропортах, так и в процессе полетов. При этом качество услуг по перевозке пассажиров должно в максимальной степени удовлетворять перманентно растущие требования потребителей.

Информационная поддержка эффективного управления и разработка операционных технологий по совершенствованию качества обслуживания, всецело удовлетворяющие требования авиапассажиров, указывает на необходимость применения нестандартных методов и подходов, способных обеспечить авиакомпаниям достижения конкурентоспособных позиций на рынке авиаперевозок. На основании проведенного анализа предметной области мы пришли к выводу, что одним из таких подходов является экспертно-нечеткий анализ релевантных данных, обеспечивающих решение слабо структурированных задач и описывающих поведение аналогичной системы гуманистического типа.

Анализ основных направлений в исследовании рынка авиаперевозок свидетельствует о том, что в процессе эксплуатации национальных авиаперевозок применяемые методы оценки качества обслуживания авиапассажиров являются недостаточными с точки зрения соответствия существующим в мире жесткой конкуренции на рынке авиаперевозок. Существующий уровень развития теории нечетких множеств, методов и подходов нечеткой логики позволяет учесть все большее количество не только метризуемых (количественных), но и неметризуемых (качественных или слабо структурированных) параметров, заметно влияющих на качество обслуживания и конкурентоспособность авиакомпаний и, тем самым, предложить более сбалансированный подход к оценке качества.

Исходя из рассмотренных предпосылок становятся важными актуальность и значимость проведения оперативных мероприятий по оцениванию качества авиаперевозок, также была принята во внимание эффективность авиакомпаний в работе на оживленном рынке пассажирских авиаперевозок. Поэтому проводимые в рамках диссертационной работы исследования, наравне с теоретическими, имеют и практическое значения для регулирования данного сектора экономики Азербайджанской Республики.

Основная цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методов и моделей для оперативной оценки качества логистического сервиса гражданского авиатранспорта в современных условиях, способствующих повышению эффективности управления авиакомпанией и, как следствие, повышению уровня ее конкурентоспособности.

В соответствии с обозначенной целью в диссертационной работе ставились и решались следующие задачи:

- провести тщательный анализ существующих методов управления качеством предоставляемых услуг в области пассажирских авиаперевозок;
- провести анализ практического применения экспертного подхода к оценке конкурентоспособности авиакомпаний, осуществляющих пассажирские авиаперевозки;
- разработать систему критериев для интегральной оценки конкурентоспособности авиакомпаний на основе факторов, оказывающих приоритетное решающее влияние на качество услуг авиаперевозок;
- провести детальный анализ логистических услуг, предоставляемых ведущими мировыми авиакомпаниями на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане;
- проанализировать комплекс показателей качества авиационных услуг, рассмотреть системы оценивания их качеств и сформировать рабочий список показателей для рецензирования конкурентоспособности авиакомпаний;
- адаптировать нечеткие методы многокритериальной котировки, включая метод Fuzzy Delphi, систему нечёткого вы-

вода и нечёткий метод максиминной свёртки для взвешивания конкурентоспособности авиакомпаний и апробировать соответствующие модели на примере авиакомпаний, функционирующих на рынке гражданских авиаперевозок в Азербайджане;

- создать интеллектуальную систему, которая сможет определить точную важность, придаваемую критериям оценивания, и произвести взвешенный анализ эффективности авиационных компаний;
- адаптировать правило Парето и метод Борда для многокритериальной оценки конкурентоспособности авиакомпаний и подтвердить их на примере авиакомпаний, функционирующих на рынке гражданских авиаперевозок в Азербайджане;
- провести сравнительный анализ результатов, полученных разными методами на гипотетическом примере и на примере авиакомпаний, функционирующих на рынке гражданских авиаперевозок в Азербайджане.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования служат авиакомпании British Airways, Lufthansa, Turkish Airlines и AZAL, предоставляющие свои логистические услуги на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане. Предметную область диссертационного исследования формирует проблематика оценки качества логистических услуг в приложении операционного менеджмента относительно функционирования авиакомпаний в условиях конкурентной среды на рынке пассажирских авиаперевозок.

Применяемая методика исследования. В процессе диссертационного исследования применялся системный подход, включая сравнение, обобщение, синтез и анализ по средствам применения нечёткого моделирования, экспертного оценивания и других научных методов исследования.

Теоретическую и методологическую основу диссертации составили работы в русскоязычном сегменте контекстной области исследования.

Кроме того, в процессе исследования широко применялись профильные учебные и научные материалы: текущие публикации в предметной области, аналитические и статистические материалы, а также результаты интернет-экспертиз, обеспечивающие работу дистанционного анкетирования пассажиров различных категорий, пользующихся услугами авиакомпаний British Airways, Lufthansa, Turkish Airlines и AZAL исходными данными, которые активно функционируют на рынке авиаперевозок в Азербайджане.

Основные положения, выносимые на защиту. Наиболее существенные результаты диссертационного исследования, обладающие научной новизной и полученные лично автором, состоят в следующем:

- проведены исследования методологии оценки качества логистических услуг на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане;
- проведена систематизация критериев оценки качества пассажирских авиаперевозок на основе детализации факторов, оказывающих критическое влияние на логистическую инфраструктуру обслуживания в авиакомпании;
- разработана обоснованная шкала градации для оценки логистических услуг авиакомпаний, с применением системы нечеткого логического вывода;
- разработаны и протестированы экспертно-нечеткие модели для интегральной оценки качества обслуживания в авиакомпаниях с последующим их ранжированием;
- сформулирован и протестирован экспертный подход к идентификации весов факторов, оказывающих критическое влияние на уровень логистических услуг, предоставляемых авиакомпанией;
- проведен сравнительный анализ результатов расчета интегрального уровня качества обслуживания авиапассажиров различных категорий в авиакомпании с применением экспертно-нечеткого подхода, нечеткого метода Дельфи, методов Борда и Парето, а также методов скоринг-анализа;

- проведена апробация методов и моделей на примере оценки логистических услуг, предоставляемых авиакомпаниями British Airways, Lufthansa, Turkish Airlines и AZAL, которые функционируют на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане.

Научная новизна в исследовании. Научная новизна исследования заключается в полученных методах алгоритмах, суть которых состоит в следующем:

- зафиксированы ключевые процедуры предполетного и полетного обслуживания, оказывающие существенное влияние на потребительское восприятие качества логистических услуг, и на этой основе разработаны анкеты по проведению экспресс on-line экспертизы;
- разработан индекс значимых факторов для расчета сложных показателей, которые существенно влияют на взвешенную общую оценку качества логистического обслуживания авиапассажиров на разных этапах обслуживания.;
- разработана методика для построения обоснованной шкалы градации авиакомпаний по уровням предоставляемых ими логистических услуг;
- сформулированы и протестированы экспертно-нечеткие методы и алгоритмы многокритериальной оценки качества логистических услуг авиакомпаний, занимающихся пассажирскими авиаперевозками;
- разработана концепция автоматизированной системы логистического рейтинга для ранжирования авиакомпаний, занимающихся пассажирскими авиаперевозками.

Значимость данного научного исследования состоит в том, что на базе существующих теоретических положений и аналитических оценок, полученных в исследовательской работе, разработана и обоснована объективная методика оценки качества логистического сервиса в авиакомпаниях в условиях конкуренции на примере авиакомпаний British Airways, Lufthansa, Turkish Airlines и AZAL, успешно функционирующих на рынке авиаперевозок в Азербайджане.

Практическая значимость диссертации состоит в возможности применения ее основных результатов, выводов и рекомендаций для проведения оперативного управления авиакомпанией с применением нечеткой методики оценки качества логистических услуг, обеспечивающей в условиях конкурентной среды информационно-аналитическую поддержку принятия решений для формирования стратегии развития авиакомпании.

Согласование и выполнение работ. Главные выводы исследовательской работы были использованы в научных тезисах и статьях на нижеперечисленных конференциях:

- XV Международная конференция по науке и практике ICAFS (Монтенегро 2022)
- III Международная конференция по науке и практике АІСТ – (Азербайджан, Баку 2009)
- III конференция докторантов и молодых исследователей по науке и практике (Азербайджан, Баку 2018)
- IV Международная конференция по программным вычислениям, вербальным и перцептивным вычислениям в системном анализе, принятии решений и управлении. (2007, Турция)
- Международная Конференция по науке и практике «Применение информационных и коммуникационных технологий в науке и образовании.» (2007, Баку, Азербайджан);
А также на семинаре кафедры «Компьютерная инженерия» факультета Информационных Технологий и Менеджмента в Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности.

Результаты, полученные в этой диссертационной работе, были применены на конкретных примерах.

Название организации, где была выполнена диссертационная исследовательская работа. Данная диссертация была выполнена на кафедре «Компьютерная инженерия» факультета Информационных Технологий и Менеджмента в Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности

Число опубликованных научных работ. По результатам проведённых исследований всего опубликовано 10 работ: 8 научных статей, в том числе 2 за рубежом, из которых 2 статьи с международными научными индексами цитирования из архива Web of Science и SCOPUS, и 3 тезиса на различных конференциях.

Структура и объем диссертационной работы. Работа состоит из оглавления, введения, 4-х глав, заключения и списка использованной литературы. Работа содержит всего - 189 024 знаков, оглавление – 2681 знаков, введение – 13106 знаков, первая глава – 66 289 знаков, вторая глава – 51 112 знаков, третья глава - 9 333 знаков, четвертая глава – 36 125 знаков, заключение - 1519 знаков, а также 26 таблиц и 8 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ

Во введении изложена актуальность диссертационной работы, приведён перечень задач и подходов, необходимых для реализации цели диссертации, описана структура и содержание работы, а также искомые результаты, выносимые на защиту.

Первый раздел посвящен анализу состояния авиационной отрасли в условиях жесткой конкуренции и постоянно расширяющихся клиентских предпочтений, а также актуальным проблемам, связанным с оценкой и управлением качества обслуживания, и концентрацией внимания на основных авиатранспортных услугах. В этой главе проводится оценивание логистической компетенции авиакомпаний, работающих на авиационном рынке Азербайджана.

Отмечается, что проблема изучения конъюнктуры рынка авиационных услуг в условиях конкуренции приобретает особую остроту и требует от научных организаций разработку современной методологии прогнозирования авиаперевозок на основе исследования и предвидения поведения перевозчиков и клиентуры в условиях острой конкурентной среды с применением принципов системного анализа и разработкой математического инструментария. В этом направлении известны работы А.М. Андропова, Н.Н. Громова, Ф.П. Ермолаева, А.В. Губенко, Ю.М. Парамонова, В.А. Персианова, В.А. Саболина, А.А. Соколова, Н.С. Ускова, О.Р. Фролова, А.Н. Хижняка, С.Л. Чепиноги и других авторов. Тем не менее, многие современные задачи прогнозирования авиаперевозок пока остаются недостаточно исследованными. Рассматриваются различные исторические аспекты повышения качества предоставляемых услуг.¹ Основное место в главе занимает подробный анализ логистических услуг четырёх авиакомпаний, функционирующих на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане, а также смежных инфраструктур.

¹С. Иманова, Обзор работ по оценки качества сервиса в бизнес-среде, Journal of Baku Engineering University, Vol-3 Number-3, (2019)- стр.65

Во второй главе предлагается экспертно-нечеткая методика для рецензирования логистического уровня конкурентоспособности авиакомпаний на предмет их соответствия растущим требованиям и пожеланиям авиапассажира. Данная методика базируется на применении двух подходов к многокритериальной оценке логистических услуг авиакомпаний, основанных на применении экспертного метода необходимого анализа факторов влияния и нечётких методов многокритериальной оценки альтернатив в условиях неопределённости.² В качестве экспертов выступают обычные авиапассажиры, на основе заключений которых относительно факторов, отражающих уровни предоставляемых им сервисных услуг, по средствам предлагаемых методов и моделей формируются интегральные оценки удовлетворительности гипотетических авиакомпаний и проводится их сравнительный анализ.

Для наглядной демонстрации предлагаемых методов оценки конкурентоспособности авиакомпаний выбран ограниченный набор следующих факторов: x_1 – цена билета; x_2 – надёжность авиакомпании; x_3 – регулярность линий; x_4 – сервис на борту воздушного судна; x_5 – тип воздушного судна. Тестирование и сравнительный анализ адекватности предлагаемых подходов осуществлен на гипотетическом примере группы авиакомпаний, которые условно обозначим как: a_1, a_2, \dots, a_{10} . При установлении последующих мер, связанных с рейтинговым показателем, в качестве альтернативы выступают авиакомпании, степень их конкурентоспособности оцениваются специалистами среди различных категорий авиапассажира с использованием заданных числовых значений: x_1, x_2, \dots, x_5 .

Для оценки согласованности заключений применяется коэффициент конкордации Кендалла, демонстрирующий множественную ранговую корреляцию экспертных оценок³

² R. Aliev, R. Aliev, B. Fazlollahi, *Soft Computing and its Application in Business and Economics*, Springer, (2004), p 211

³ A.S. A. Lin, *Note on the concordance correlation coefficient*, *Biometrics*, (2012) vol. 56, pp. 324–325

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где m – число экспертов; n – число факторов привлекательности авиакомпаний, а S – отклонение экспертных заключений от среднего значения ранжирования переменных привлекательности авиакомпаний, которое вычисляется, например, по формуле:⁴

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2, \quad (2)$$

где $r_{ij} \in \{1, \dots, 5\}$ – ранг i -го фактора по мнению j -го эксперта.

Идентификация весов относительного влияния факторов привлекательности авиакомпаний осуществляется итерационно:⁴

$$\alpha_i(t+1) = \sum_{j=1}^m w_j(t) \alpha_{ij}, \quad (3)$$

где $w_j(t)$ – весовой коэффициент, характеризующий степень компетентности j -го эксперта ($j = 1 \div m$) на момент времени t . Для каждого шага итерации веса, определяющие степени компетенции экспертов, устанавливаются на основе следующих равенств:⁴

$$\begin{cases} w_j(t) = \frac{1}{\eta(t)} \sum_{i=1}^n \alpha_i(t) \cdot \alpha_{ij} \quad (j = \overline{1, m-1}), \\ w_m(t) = 1 - \sum_{j=1}^{m-1} w_j(t), \quad \sum_{j=1}^m w_j(t) = 1, \end{cases} \quad (4)$$

где $\eta(t)$ является нормирующим множителем, обеспечивающий переход на следующий шаг итерации⁴

$$\eta(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i(t) \alpha_{ij} \quad (5)$$

Процесс определения групповых оценок нормированных значений завершается после выполнения условия:⁵

$$\max_i \{ |\alpha_i(t+1) - \alpha_i(t)| \} \leq \varepsilon, \quad (6)$$

⁴Wu, S. Hedayat, and W. Lin A, Statistical Tools for Measuring Agreement, New York: Springer. (2013). p. 154

⁵M.Mardanov, R. Rzayev One approach to multi-criteria evaluation of alternatives in the logical basis of neural networks. ICAFS (2018) – Vol. 797. – pp. 387 -479.

где ε – допустимая точность расчётов, которая заблаговременно устанавливается пользователем. В рассмотренном примере в качестве допустимой точности принята величина $\varepsilon = 0.0001$, а на начальном этапе ($t = 0$) степени компетентности экспертов являются одинаковыми – равными $1/m$.

В соответствии с (3) – (6) на 3-ем шаге получены обобщенные веса факторов конкурентоспособности x_i ($i=1\div 5$): $\alpha_1(3)=0.28995$, $\alpha_2(3)=0.23760$, $\alpha_3(3)=0.18721$, $\alpha_4(3)=0.15449$, $\alpha_5(3)=0.13075$.

Метод экспертных оценок также предполагает обсуждение среди потребителей авиационных услуг уровень привлекательности авиакомпания на предмет ее соответствия критериям x_i ($i=1\div 5$). Каждому из независимых экспертов (из категорий пассажиров, наиболее часто пользующихся услугами авиакомпаний) предоставляется перечень критериев оценки x_i и предлагается по каждому из них в индивидуальном порядке оценить ту или иную авиакомпанию на предмет ее удовлетворительности. По пятибалльной рейтинговой шкале вербальные оценки экспертов обозначаются цифровыми значениями следующим образом: 5 – Отлично; 4 – весьма удовлетворительно; 3 – выше удовлетворительного; 2 – удовлетворительно; 1 – Неудовлетворительно. Далее экспертные оценки удовлетворительности авиакомпаний подвергаются анализу на предмет их согласованности (или противоречивости) по правилу: максимально допустимая разница между двумя экспертными заключениями по поводу удовлетворительности авиакомпании относительно критерия x_i ($i = 1 \div 5$) не должна превышать 3. Данное правило позволяет отфильтровать недопустимые отклонения в экспертных оценках относительно удовлетворительности авиакомпании по отдельному фактору x_i .

Вывод интегрального потребительского индекса в интервале от 0 до 100, осуществляется с помощью критерия оценки⁵

$$R = \frac{\sum_{i=1}^5 \alpha_i e_i}{\max_i \sum_{i=1}^5 \alpha_i e_i} \times 100, \quad (7)$$

где α_i – вес, определяющий относительную значимость фактора x_i ($i = 1 \div 5$); e_i – оценка удовлетворительности авиакомпания отдельно по i -му фактору x_i , данная экспертом по утвержденной выше пятибалльной системе оценивания.

После сбора, обработки, включая усреднение и применение критерия итоговой оценки (7), для выбранных авиакомпаний получены интегральные оценки уровней конкурентоспособности.

На выбор метода оценки конкурентоспособности авиакомпаний влияют конкретные цели, поставленные потребителем сообществом. Эта глава построена на парадигме использования нечетких множеств⁶ для решения проблем, переставляя показатели x_i ($i=1\div 5$), которые возникают из слабо структурированных данных, в контексте многокритериальной оценки проектов, эксперты представляют их как лингвистические переменные при сравнительной оценке эффективности авиакомпаний.

Для оценки конкурентоспособности авиакомпаний мы выделили восемь оценочных критериев, среди которых: u_1 – «Недостаточно высокий»; u_2 – «Крайне низкий»; u_3 – «Чрезвычайно низкий»; u_4 – «Ниже желаемого уровня»; u_5 – «Повышенный»; u_6 – «За верхней границей»; u_7 — «Чрезвычайно высокий»; u_8 – «Чрезмерно высокий».⁷ Иными словами, в контексте значительном $S = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8\}$ имеется ввиду классификатор в виде совокупности оценочных признаков, по которым планируется классифицировать уровни конкурентоспособности авиакомпаний.

Базовую вербальную модель сформулируем в виде следующих непротиворечивых суждений:⁸

⁶ Zadeh L.A. The foundation of a linguistic field and its application to close reasoning, Tou K.S., Fu J.T. (eds), Studying Systems and Intellectual Technologies. (1976) pp. 1–10

⁷ Новое понятие в современной математике и его использование для принятия новых решений. Новое в зарубежной математике:– М.: Мир (2010) стр. 24

⁸ Приведенные высказывания, как информационные фрагменты, строятся на основе эвристических знаний и всегда могут быть адаптированы специалистами под требования потребителей

d_1 : «Если авиакомпания обеспечивает полет по разумной цене и демонстрирует надежность, она соответствует критериям приемлемости».

d_2 : «Если в сочетании с вышеупомянутыми условиями компания занимается постоянными воздушными перевозками, это превышает критерии приемлемости»;

d_3 : «Если авиакомпания предлагает экономически эффективные тарифы, сохраняет надежность, осуществляет регулярные воздушные перевозки, обеспечивает превосходное обслуживание на борту и управляет парком современных авиалайнеров, она приобретает статус безупречной».

d_4 : «Если авиакомпания предлагает доступный ценовой тариф авиабилета, является надежной, предлагает высокий сервис обслуживания на борту и эксплуатирует парк современных авиалайнеров, то она является очень приемлемой»;

d_5 : «Если авиакомпания предлагает доступный ценовой тариф авиабилета, является надежной, эксплуатирует парк современных авиалайнеров, но предлагает невысокий сервис обслуживания на борту, то она все же является приемлемой»;

d_6 : «Если авиакомпания предлагает высокий ценовой тариф авиабилета, осуществляет нерегулярные авиаперевозки и эксплуатирует парк устаревших типов авиалайнеров, то она является неприемлемой».

Как не трудно заметить, приведённые суждения отражают внутренние причинно-следственные связи, где факторы влияния и приемлемость авиакомпании являются входными и выходными характеристиками, соответственно. Полагая факторы влияния лингвистическими переменными x_i ($i = 1 \div 5$), а приемлемость авиакомпании – выходной лингвистической переменной y , значения (термы) которой отражают различные уровни, полный набор термов входных и выходных лингвистических переменных⁹ сведен в Табл. 1:

d_1 : в случае x_1 =доступно и x_2 =надежная, тогда y =удовлетворительная;

⁹ И.З. Батыршин, Базовые формулирование неточной логики и их обобщения Отечество- Казань, (2001) стр. 100

d_2 : в случае x_1 =доступно и x_2 =надежная и x_3 =регулярные, тогда y = наиболее удовлетворительная;

d_3 : в случае x_1 =доступно и x_2 =надежная и x_3 =регулярные и x_4 =высокий и x_5 =современный, тогда y = идеальная;

d_4 : в случае x_1 =доступно и x_2 =надежная и x_4 =высокий и x_5 =современный, тогда y =очень удовлетворительная;

d_5 : в случае x_1 =доступно и x_2 =надежная и x_4 =невысокий и x_5 =современный, тогда y = удовлетворительная;

d_6 : в случае x_1 =недоступно и x_3 =нерегулярные и x_5 =устаревший, тогда y =неудовлетворительная.

Таблица 1. Входные и выходные лингвистические переменные

Входы	x_1	Название переменной	Ценовой тариф
		Терм-множество	{ДОСТУПНЫЙ, НЕДОСТУПНЫЙ}
		Универсум	[0, 1]
	x_2	Название переменной	Безопасность. полетов
		Терм-множество	{НАДЕЖНАЯ}
		Универсум	[0, 1]
	x_3	Название переменной	Периодичность
		Терм-множество	{РЕГУЛЯРНАЯ, НЕРЕГУЛЯРНАЯ}
		Универсум	[0, 1]
	x_4	Название переменной	Сервис на борту самолета
		Терм-множество	{ВЫСОКИЙ}
		Универсум	[0, 1]
	x_5	Название переменной	Парк эксплуатируемых самолетов
		Терм-множество	{СОВРЕМЕННЫЙ, УСТАРЕВШИЙ}
		Универсум	[0, 1]
Выход	y	Название переменной	Оценка авиакомпании
		Терм-множество	{НЕПРИЕМЛЕМАЯ, ПРИЕМЛЕМАЯ, БОЛЕЕ ЧЕМ ПРИЕМЛЕМАЯ, ОЧЕНЬ ПРИЕМЛЕМАЯ, БЕЗУПРЕЧНАЯ}
		Универсум	{0, 0.1, 0.2, ..., 0.9, 1}

Реализация системы нечеткого вывода дала общее функциональное решение в виде следующей матрицы

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
u_1	0.9997	0.9547	0.8547	0.7547	0.6547	0.5547	0.4547	0.3547	0.2547	0.1547	0.0547
u_2	0.9977	0.9993	0.9128	0.8128	0.7128	0.6128	0.5128	0.4128	0.3128	0.2128	0.1128
u_3	0.9870	0.9948	0.9948	0.9096	0.8096	0.7096	0.6096	0.5096	0.4096	0.3096	0.2096
$R= u_4$	0.9453	0.9703	0.9703	0.9703	0.9514	0.8514	0.7514	0.6514	0.5514	0.4514	0.3514
u_5	0.8275	0.8808	0.8808	0.8808	0.8808	0.8808	0.8808	0.8311	0.7311	0.6311	0.5311
u_6	0.5921	0.6621	0.6621	0.6621	0.6621	0.6621	0.6621	0.6621	0.6621	0.6621	0.7241
u_7	0.2759	0.3234	0.3234	0.3234	0.3234	0.3234	0.3234	0.3234	0.3234	0.3234	0.8903
u_8	0.0352	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425	0.9872

где k -я строка определяет вывод относительно k -го уровня конкурентоспособности авиакомпании в виде нечеткого множества E_k .

В результате, на основе сделанных допущений, была получена приемлемая шкала определения степени конкурентоспособности авиакомпании по сегментной шкале отрезка $[0, 100]$, которая представлена в табл. 2.

Таблица 2. Градация уровней конкурентоспособности авиакомпаний

Интервал	Уровень конкурентоспособности авиакомпаний
$[0, 25.79]$	ЧЕРЕСЧУР НИЗКИЙ
$(25.79; 28.71]$	ОЧЕНЬ НИЗКИЙ
$(28.71, 33.24]$	БОЛЕЕ ЧЕМ НИЗКИЙ
$(33.24, 39.46]$	НИЗКИЙ
$(39.46, 46.76]$	ВЫСОКИЙ
$(46.76, 55.95]$	БОЛЕЕ ЧЕМ ВЫСОКИЙ
$(55.95, 83.88]$	ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ
$(83.88, 100]$	ЧЕРЕСЧУР ВЫСОКИЙ

При разработке системы нечеткого вывода для оценки уровня конкурентоспособности авиакомпаний в качестве фундаментальной основы была выбрана вербальная модель, сформулированная в предыдущем разделе в виде информационных фрагментов (суждений) $d_1 \div d_6$, которую перефразируем в следующем виде:

d_1 : Если ценовой тариф авиабилета приемлемый и надежность авиакомпании приемлемая, то она является удовлетворительной;

d_2 : Если, вдобавок к сказанному, периодичность авиаперевозок приемлемая, то авиакомпания является более чем удовлетворительной;

d_3 : Если ценовой тариф авиабилета приемлемый, надежность авиакомпании приемлемая, периодичность авиаперевозок приемлемая, сервис обслуживания на борту приемлемый и парк авиалайнеров приемлемый, то авиакомпания является безупречной;

d_4 : Если ценовой тариф авиабилета приемлемый, надежность авиакомпании приемлемая, сервис обслуживания на борту приемлемый и парк авиалайнеров приемлемый, то авиакомпания является очень удовлетворительной;

d_5 : Если ценовой тариф авиабилета приемлемый, надежность авиакомпании приемлемая, парк авиалайнеров приемлемый, но при этом сервис обслуживания на борту неприемлемый, то авиакомпания все же является удовлетворительной;

d_6 : Если ценовой тариф авиабилета неприемлемый, периодичность авиаперевозок неприемлемая и парк авиалайнеров неприемлемый, то авиакомпания является неудовлетворительной.

Принципиальным отличием от предыдущего подхода является то, что в качестве оцениваемых альтернатив принимаются десять гипотетических авиакомпаний a_k ($k = 1 \div 10$), прошедших первичную оценочную экспертизу по пятибалльной шкале на предмет относительного влияния факторов x_i ($i = 1 \div 5$) на их уровень потребительской привлекательности (см. Таблицу 1).

Фаззификация входных характеристик осуществлена с применением нечётких подмножеств универсума $U = \{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}$ в виде $A_i = \{\mu_{A_i}(a_1)/a_1, \mu_{A_i}(a_2)/a_2, \dots, \mu_{A_i}(a_{10})/a_{10}\}$, где $\mu_{A_i}(a_t)$ ($t=1 \div 10$) являются значениями Гауссовских функций принадлежности

$$\mu_{A_i}(a_t) = \exp\left\{-\frac{[e_i(a_t) - 5]^2}{\sigma_i^2}\right\}, \quad (8)$$

где $e_i(a_t)$ – консолидированная оценка экспертов относительно авиакомпании a_t ($t=1 \div 10$), произведенная по 5-балльной шкале на

предмет привлекательности авиакомпании по i -му фактору влияния x_i ($i = 1 \div 5$) (см. Табл. 1); $\sigma_i^2 = 6.25$ – дисперсия, выбранная эмпирическим путем единой для всех случаев фаззификации.

Полагая факторы влияния x_i ($i = 1 \div 5$) лингвистическими переменными, одно из их значений – терм «ПРИЕМЛЕМЫЙ», как наилучшую их качественную характеристику, представлен в виде нечёткого множества A_i универсума $U = \{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}$:

- $A_1 = \{0.9139/a_1, 0.99/a_2, 0.7788/a_3, 0.9139/a_4, 0.9608/a_5, 0.6977/a_6, 0.2982/a_7, 0.4449/a_8, 1/a_9, 0.6126/a_{10}\}$;
- $A_2 = \{0.9608/a_1, 0.6977/a_2, 0.8521/a_3, 0.6977/a_4, 0.3679/a_5, 0.4449/a_6, 0.1845/a_7, 0.1845/a_8, 0.99/a_9, 0.4449/a_{10}\}$;
- $A_3 = \{0.99/a_1, 0.9139/a_2, 0.6126/a_3, 0.4449/a_4, 0.6126/a_5, 0.2982/a_6, 0.1054/a_7, 0.1054/a_8, 0.9608/a_9, 0.7788/a_{10}\}$;
- $A_4 = \{0.99/a_1, 0.7788/a_2, 0.7788/a_3, 0.4449/a_4, 0.2982/a_5, 0.1054/a_6, 0.2044/a_7, 0.0556/a_8, 0.99/a_9, 0.9139/a_{10}\}$;
- $A_5 = \{0.9139/a_1, 0.4449/a_2, 0.6126/a_3, 0.1845/a_4, 0.1845/a_5, 0.0556/a_6, 0.1409/a_7, 0.0271/a_8, 0.9139/a_9, 0.6126/a_{10}\}$;

С учётом этих нечётких множеств на базе вербальной модели $d_1 \div d_6$, построена соответствующая система нечёткого вывода:

d_1 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$, то $y = S$ »;

d_2 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$, то $y = MS$ »;

d_3 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$ и $x_4 = A_4$ и $x_5 = A_5$, то $y = P$ »;

d_4 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_4 = A_4$ и $x_5 = A_5$, то $y = VS$ »;

d_5 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_4 = \neg A_4$ и $x_5 = A_5$, то $y = S$ »;

d_6 : «Если $x_1 = \neg A_1$ и $x_3 = \neg A_3$ и $x_5 = \neg A_5$, то $y = YS$ »,

где $\forall j \in J = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.9, 1\}$:

▪ S = УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ (авиакомпания),

$$\mu_S(j) = j;$$

▪ MS = БОЛЕЕ ЧЕМ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ,

$$\mu_S(j) = \sqrt{j};$$

▪ P = БЕЗУПРЕЧНАЯ, $\mu_P(j) = \begin{cases} 1, & j = 1, \\ 0, & j < 1; \end{cases}$

- $VS =$ ОЧЕНЬ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ, $\mu_S(j) = j^2$;
- $US =$ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ, $\mu_S(j) = 1 - j$

В результате реализации нечётких отношений получено общее функциональное решение в виде матрицы R , которая на дискретном множестве J отражает внутреннюю причинно-следственную связь между усредненными экспертными оценками авиакомпаний на предмет их соответствия факторам x_i ($i=1\div 5$), с одной стороны, и соответствующими уровнями удовлетворительности авиакомпаний, с другой.

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
a_1	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.9900
a_2	0.3023	0.4023	0.5023	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.9900
a_3	0.2212	0.3212	0.3874	0.3874	0.3874	0.3874	0.3874	0.3874	0.3874	0.3874	0.7788
a_4	0.3023	0.4023	0.5023	0.6023	0.7023	0.8023	0.8155	0.8155	0.8155	0.8155	0.9139
a_5	0.6321	0.7321	0.8155	0.8155	0.8155	0.8155	0.8155	0.8155	0.8155	0.8155	0.9608
a_6	0.5551	0.6551	0.7551	0.8551	0.9444	0.9444	0.9444	0.9444	0.8977	0.7977	0.6977
a_7	0.8155	0.8691	0.8946	0.8946	0.8946	0.7982	0.6982	0.5982	0.4982	0.3982	0.2982
a_8	0.8155	0.9155	0.9729	0.9729	0.9729	0.9449	0.8449	0.7449	0.6449	0.5449	0.4449
a_9	0.0100	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	1.0000
a_{10}	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.5551	0.7788

В результате дефаззификации установлены следующие численные оценки удовлетворительности авиакомпаний: $a_1=0.9565$; $a_2=0.7428$; $a_3=0.7662$; $a_4=0.6402$; $a_5=0.5895$; $a_6=0.5274$; $a_7=0.3897$; $a_8=0.4253$; $a_9=0.9608$; $a_{10}=0.6436$. Путём простого умножения этих значений на 100 получены соотношения итоговых оценок удовлетворительности авиакомпаний в масштабе отрезка $[0, 100]$, которые представлены в Табл. 4.

Обработка экспертных оценок по пятибалльной системе, представленных в Табл. 3 относительно факторов x_i ($i=1\div 5$) для авиакомпаний a_k ($k=1\div 10$), осуществлена с применением нечёткого метода *максиминной свёртки*: как для критериев с одинаковыми степенями важности, так и для критериев с относительными весами приоритетности. С учетом введенных выше нечетких формализмов $A_i(a)$ множеством оптимальных альтернатив будет:

$A = \{\min\{0.9139, 0.9608, 0.9900, 0.9900, 0.9139\}, \min\{0.9900, 0.6977, 0.9139, 0.7788, 0.4449\}, \min\{0.7788, 0.8521, 0.6126, 0.7788, 0.6126\}, \min\{0.9139, 0.6977, 0.4449, 0.4449, 0.1845\}, \min\{0.9608,$

0.3679, 0.6126, 0.2982, 0.1845}, $\min\{0.6977, 0.4449, 0.2982, 0.1054, 0.0556\}$, $\min\{0.2982, 0.1845, 0.1054, 0.2044, 0.1409\}$, $\min\{0.4449, 0.1845, 0.1054, 0.0556, 0.0271\}$, $\min\{1.0000, 0.9900, 0.9608, 0.9900, 0.9139\}$, $\min\{0.6126, 0.4449, 0.7788, 0.9139, 0.6126\}$ = {0.9139, 0.4449, 0.6126, 0.1845, 0.1845, 0.0556, 0.1054, 0.0271, 0.9139, 0.4449}.

Таблица 3. Оценка уровней конкурентоспособности авиакомпаний

Авиакомпания	Весовые коэффициенты критериев оценки					Интегральная оценка
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	
	0.28995	0.23760	0.18721	0.15449	0.13075	
	Консолидированная экспертная оценка					
	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	
a_1	4.25	4.50	4.75	4.75	4.25	89.61
a_2	4.75	3.50	4.25	3.75	2.75	78.87
a_3	3.75	4.00	3.25	3.75	3.25	73.01
a_4	4.25	3.50	2.75	2.75	1.75	64.65
a_5	4.50	2.50	3.25	2.25	1.75	61.67
a_6	3.50	2.75	2.25	1.25	0.75	47.61
a_7	2.25	1.75	1.25	1.85	1.50	35.68
a_8	2.75	1.75	1.25	0.75	0.25	31.91
a_9	5.00	4.75	4.50	4.75	4.25	94.21
a_{10}	3.25	2.75	3.75	4.25	3.25	67.59

В случае максиминной свёртки критериев с разными степенями важности (т.е. с учётом взвешенных критериев $A_i(a)$), множеством оптимальных альтернатив будет:

$$A = \{\min\{0.91393^{0.28995}, 0.96079^{0.23760}, 0.99005^{0.18721}, 0.99005^{0.15449}, 0.91393^{0.13075}\}; \min\{0.99005^{0.28995}, 0.69768^{0.23760}, 0.91393^{0.18721}, 0.77880^{0.15449}, 0.44486^{0.13075}\}; \min\{0.77880^{0.28995}, 0.85214^{0.23760}, 0.61263^{0.18721}, 0.77880^{0.15449}, 0.61263^{0.13075}\}; \min\{0.91393^{0.28995}, 0.69768^{0.23760}, 0.44486^{0.18721}, 0.44486^{0.15449}, 0.18452^{0.13075}\}; \min\{0.96079^{0.28995}, 0.36788^{0.23760}, 0.61263^{0.18721}, 0.29820^{0.15449}, 0.18452^{0.13075}\}; \min\{0.69768^{0.28995}, 0.44486^{0.23760}, 0.29820^{0.18721}, 0.10540^{0.15449}, 0.05558^{0.13075}\}; \min\{0.29820^{0.28995}, 0.18452^{0.23760},$$

$0.10540^{0.18721}, 0.20442^{0.15449}, 0.14086^{0.13075}$; $\min\{0.44486^{0.28995}, 0.18452^{0.23760}, 0.10540^{0.18721}, 0.05558^{0.15449}, 0.02705^{0.13075}\}$;
 $\min\{1.00000^{0.28995}, 0.99005^{0.23760}, 0.96079^{0.18721}, 0.99005^{0.15449}, 0.91393^{0.13075}\}$;
 $\min\{0.61263^{0.28995}, 0.44486^{0.23760}, 0.77880^{0.18721}, 0.91393^{0.15449}, 0.61263^{0.13075}\}$ = $\{ \min\{0.9742, 0.9905, 0.9981, 0.9985, 0.9883\}; \min\{0.9971, 0.9180, 0.9833, 0.9621, 0.8995\}; \min\{0.9301, 0.9627, 0.9123, 0.9621, 0.9379\}; \min\{0.9742, 0.9180, 0.8593, 0.8824, 0.8017\}; \min\{0.9885, 0.7885, 0.9123, 0.8295, 0.8017\}; \min\{0.9009, 0.8249, 0.7973, 0.7064, 0.6853\}; \min\{0.7041, 0.6693, 0.6562, 0.7825, 0.7739\}; \min\{0.7907, 0.6693, 0.6562, 0.6399, 0.6238\}; \min\{1.0000, 0.9976, 0.9925, 0.9985, 0.9883\}; \min\{0.8676, 0.8249, 0.9543, 0.9862, 0.9379\} \} = \{0.9742, 0.8995, 0.9123, 0.8017, 0.7885, 0.6853, 0.6562, 0.6238, 0.9883, 0.8249\}$.

Наиболее конкурентоспособная авиакомпания устанавливается из регулирующего вектора приоритетов относительно альтернативных авиакомпаний:

$$\max\{\mu_A(a_i)\} = \max\{0.9139, 0.4449, 0.6126, 0.1845, 0.1845, 0.0556, 0.1054, 0.0271, 0.9139, 0.4449\}.$$

С точки зрения приемлемости показателей x_i ($i=1 \div 5$) сразу две авиакомпании являются наилучшими: a_1 и a_9 , которым соответствует значение 0.9139. Последующее ранжирование авиакомпаний построено по убыванию: $a_3 \rightarrow 0.6126$, $a_{10} \rightarrow 0.4449$, $a_2 \rightarrow 0.4449$, $a_4 \rightarrow 0.1845$, $a_5 \rightarrow 0.1845$, $a_7 \rightarrow 0.1054$, $a_6 \rightarrow 0.0556$, $a_8 \rightarrow 0.0271$.

Как и в предыдущем случае, наиболее конкурентоспособная авиакомпания устанавливается из регулирующего вектора приоритетов относительно альтернативных авиакомпаний:

$$\max\{\mu_A(a_k)\} = \{0.9742, 0.8995, 0.9123, 0.8017, 0.7885, 0.6853, 0.6562, 0.6238, 0.9883, 0.8249\}.$$

Среди компонентов этого результирующего вектора наибольшей является 0.9883, которая соответствует альтернативе a_9 . Это означает, что наилучшей авиакомпанией является авиакомпания a_9 . Последующее ранжирование авиакомпаний строится по убыванию: $a_1 \rightarrow 0.9742$, $a_3 \rightarrow 0.9123$, $a_2 \rightarrow 0.8995$, $a_{10} \rightarrow 0.8249$, $a_4 \rightarrow 0.8017$, $a_5 \rightarrow 0.7885$, $a_6 \rightarrow 0.6853$, $a_7 \rightarrow 0.6562$, $a_8 \rightarrow 0.6238$.

Сравнительный анализ полученных тремя методами результатов оценки уровней конкурентоспособности авиакомпаний a_k ($k=1\div 10$) представлен в Табл. 4.

Таблица 4. Сравнение и анализ оценок авиакомпаний.

Авиакомпания	Метод взвешенных оценок		Система нечёткого вывода		Метод максиминной свёртки:			
					при одинаковых степенях важности критериев оценки		при разных степенях важности критериев оценки	
	Итоговая оценка	Порядок	Итоговая оценка	Порядок	Итоговая оценка	Порядок	Итоговая оценка	Порядок
a_1	89.61	2	0.9565	2	0.9139	2	0.9742	2
a_2	78.87	3	0.7428	4	0.4449	4	0.8995	4
a_3	73.01	4	0.7662	3	0.6126	3	0.9123	3
a_4	64.65	6	0.6402	6	0.1845	6	0.8017	6
a_5	61.67	7	0.5895	7	0.1845	7	0.7885	7
a_6	47.61	8	0.5274	8	0.0556	9	0.6853	8
a_7	35.68	9	0.3897	10	0.1054	8	0.6562	9
a_8	31.91	10	0.4253	9	0.0271	10	0.6238	10
a_9	94.21	1	0.9608	1	0.9139	1	0.9883	1
a_{10}	67.59	5	0.6436	5	0.4449	5	0.8249	5

В третьей главе исследуется традиционный и несколько обычный метод решения проблемы оценки альтернативных авиакомпаний на основе множества критериев с учетом достоверной информации о конкурентоспособности, на основе данных, полученных в результате опросов различных категорий пассажиров.¹⁰ Этот метод основан на адаптации и реализации методов сравнительного анализа Парето и Борда.¹¹ Используя методы Парето и Борда, проведено ранжирование гипотетических альтернативных

¹⁰S.Imanova, Audit of Satisfaction of the Consumer, Journal of Qafqaz University, Number 20, (2007) pp.187-192

¹¹Применение методов Парето и Борда при выборе инвестиционных проектов. URL:https://afdanalyse.ru/publ/investicionnyj_analiz/teoriya/primenenie_metodov_pareto_i_borda_pri_vybore_investicionnykh_proektov/27-1-0-330

авиакомпаний на предмет их соответствия тем или иным критериям оценивания, согласованными с потребительским сообществом. На первом этапе в рамках системы критериев x_i ($i=1\div 5$) произведено ранжирование рассматриваемых авиакомпаний в виде Табл. 5.

Таблица 5. Ранжирование по факторам конкурентоспособности

Порядок	Показатели сравнительной оценки проектов				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	a_9	a_9	a_1	a_1	a_1
2	a_2	a_1	a_9	a_9	a_9
3	a_5	a_3	a_2	a_{10}	a_3
4	a_1	a_2	a_{10}	a_2	a_{10}
5	a_4	a_4	a_3	a_3	a_2
6	a_3	a_6	a_5	a_4	a_4
7	a_6	a_{10}	a_4	a_5	a_5
8	a_{10}	a_5	a_6	a_7	a_7
9	a_8	a_7	a_7	a_6	a_6
10	a_7	a_8	a_8	a_8	a_8

На следующем шаге проводится сравнительный анализ авиакомпаний по факторам x_i путём определения их попарных предпочтений. В Табл. 6 эти предпочтения определяются по следующему правилу: скажем, по a_1 в поле пересечения строки x_1 и столбца a_2 выставлен символ «-» на основе того, что значение x_1 по авиакомпании a_1 меньше, чем по a_2 , а на поле пересечения со столбцом a_3 выставлен знак «+», так как величина x_1 по a_1 больше, чем по a_3 . В случаях равенства величин факторов по авиакомпаниям устанавливается знак «0».

Таблица 6. Таблица предпочтений на основе попарных сравнений

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
x_1	-	+	0	-	+	+	+	-	+
x_2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
x_3	+	+	+	+	+	+	+	+	+

x_4	+	+	+	+	+	+	+	0	+
x_5	+	+	+	+	+	+	+	0	+
a_2	a_1	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
x_1	+	+	+	+	+	+	+	-	+
x_2	-	-	0	+	+	+	+	-	+
x_3	-	+	+	+	+	+	+	-	+
x_4	-	0	+	+	+	+	+	-	-
x_5	-	-	+	+	+	+	+	-	-
...									
a_{10}	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
x_1	-	-	-	-	-	-	+	+	-
x_2	-	-	-	-	+	0	+	+	-
x_3	-	-	+	+	+	+	+	+	-
x_4	-	+	+	+	+	+	+	+	-
x_5	-	+	0	+	+	+	+	+	-

Здесь более предпочтительными являются авиакомпании со столбцами, не содержащими символ «-». Поэтому самой предпочтительной является авиакомпания a_9 , которая содержит сразу 8 таких столбцов, а именно: $a_2, a_3, a_4, a_6, a_7, a_8, a_9$ и a_{10} . Как видно из этого анализа, по отношению к авиакомпании a_8 все остальные имеют те или иные преимущества. Поэтому этой авиакомпании присваивается 10-е порядковое место, а для оставшихся 9-ти вновь применяется данная процедура.

Метод Парето индуцирует большее число решений, чем это необходимо. Поэтому для завершения сравнительного анализа применяется селективное правило Борда, согласно которому авиакомпании ранжируются по каждому фактору x_i в порядке убывания с присвоением им соответствующих значений ранга (см. Табл. 7) и далее по каждому решению рассчитывается суммарный ранг (см. Табл. 8). В итоге авиакомпания с наибольшим значением суммарного ранга считается наилучшей.

Таблица 7. Ранжирование авиакомпаний методом Борда

Ранг	Показатели сравнительной оценки авиакомпаний				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
10	a_9	a_9	a_1	a_1	a_1
9	a_2	a_1	a_9	a_9	a_9
8	a_5	a_3	a_2	a_{10}	a_3
7	a_1	a_2	a_{10}	a_2	a_{10}
6	a_4	a_4	a_3	a_3	a_2
5	a_3	a_6	a_5	a_4	a_4
4	a_6	a_{10}	a_4	a_5	a_5
3	a_{10}	a_5	a_6	a_7	a_7
2	a_8	a_7	a_7	a_6	a_6
1	a_7	a_8	a_8	a_8	a_8

Таблица 8. Ранжирование авиакомпаний с применением метода Борда

Авиакомпания	Показатели сравнительной оценки					Сумма баллов	Порядок
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		
a_1	7	9	10	10	10	46	2
a_2	9	7	8	7	6	37	3
a_3	5	8	6	6	8	33	4
a_4	6	6	4	5	5	26	6
a_5	8	3	5	4	4	24	7
a_6	4	5	3	2	2	16	8
a_7	1	2	2	3	3	11	9
a_8	2	1	1	1	1	6	10
a_9	10	10	9	9	9	47	1
a_{10}	3	4	7	8	7	29	5

В Табл. 9 приведены результаты решений задачи о выборе наилучшей авиакомпании, которые базируются на единую базу данных экспертной оценки рассматриваемых авиакомпаний.

Представленные результаты несколько отличаются, что объясняется разными способами интерпретации исходной информации.

Таблица 9. Ранжирование авиакомпаний различными методами

Авиакомпания	Метод взвешенных оценок		Система нечёткого вывода		Метод максиминной свёртки:				Метод Парето	Метод Борда	
					при одинаковых степенях важности критериев		при разных степенях важности критериев				
	О	П	О	П	О	П	О	П	О	О	П
a_1	89.61	2	0.9565	2	0.9139	2	0.9742	2	2	46	2
a_2	78.87	3	0.7428	4	0.4449	4	0.8995	4	3	37	3
a_3	73.01	4	0.7662	3	0.6126	3	0.9123	3	4	33	4
a_4	64.65	6	0.6402	6	0.1845	6	0.8017	6	5	26	6
a_5	61.67	7	0.5895	7	0.1845	7	0.7885	7	6	24	7
a_6	47.61	8	0.5274	8	0.0556	9	0.6853	8	8	16	8
a_7	35.68	9	0.3897	10	0.1054	8	0.6562	9	9	11	9
a_8	31.91	10	0.4253	9	0.0271	10	0.6238	10	10	6	10
a_9	94.21	1	0.9608	1	0.9139	1	0.9883	1	1	47	1
a_{10}	67.59	5	0.6436	5	0.4449	5	0.8249	5	7	29	5

О – оценка, П – порядок

В четвертой главе рассматривается комбинированный подход к оценке конкурентоспособности авиакомпаний British Airways (a_1), Lufthansa (a_2), Turkish Airlines (a_3) и AZAL (a_4), которые наиболее активны на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане. Основу подхода составляют данные экспертных предпочтений относительно уровней логистических услуг, полученных в ходе опросов пассажиров.

Для адаптации Fuzzy Delphi¹² метода к решению поставленной задачи, за основу выбран следующая пошаговая процедура.

¹²Метод Дельфи и его применение. URL: [4brain-https://4brain.ru/blog/метод-дельфи-и-его-применение](https://4brain.ru/blog/метод-дельфи-и-его-применение), (2015)

Шаг 1. Установление качественных критериев. оценки для формирования первого вопросника.

Шаг 2. Для каждой авиакомпании идентификация функции принадлежности треугольной формы с параметрами:

$$a_0 = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^n Avr_i}, \quad a_{\min} = \min_{j=1,m} \{ \min_{i=1,n} (e_{ij}) \} \quad \text{и} \quad a_{\max} = \max_{j=1,m} \{ \max_{i=1,n} (e_{ij}) \},^{13} \quad \text{где}$$

Avr_i – средняя экспертная оценка удовлетворительности авиакомпании относительно i -го признака; e_{ij} – оценка j -го эксперта об удовлетворительности авиакомпании относительно i -го признака; n – число критериев оценки (в частности, $n=5$); m – число экспертов.

Шаг 3. Корректировка функций принадлежности на основе знаний, выявленных в шаге 2, и формирование новой опросной анкеты для распространения между экспертами в режиме on-line.

Шаг 4. Проведение статистических тестов на предмет сходимости установленных функций принадлежности по каждой лингвистической переменной, играющей роль критерия оценки».

По результатам итерационного процесса, обусловленного применением Delphi метода, устанавливаются нечеткие множества в треугольной форме, которые наиболее адекватно описывают качественные критерии оценки, то есть термы лингвистических переменных x_i ($i=1 \div 5$). На основе уточненных нечётких описаний критериев были сформированы опросные анкеты, которые были разосланы экспертам для их окончательной экспертизы.

После 3-ей итерации анкетирования получены данные, которые после обработки с применением Fuzzy Delphi метода относительно признака x_2 нашли свое отражение в Табл. 10. В частности, треугольные функции принадлежности, описывающие степени удовлетворительности авиакомпаний относительно критерия x_2 , представлены на рис. 1.

¹³S.Imanova, Service quality evaluation by Fuzzy Delphi Method, IEEE, DOI: [10.1109/AICT15929.2009](https://doi.org/10.1109/AICT15929.2009), (2007)

Таблица 10. Агрегированные результаты 3-й интернет-экспертизы

Авиакомпания	Параметры треугольной функции принадлежности		
	a_{\min}	a_{\max}	a_0
a_1	80	100	90
a_2	80	100	91
a_3	70	100	82
a_4	80	95	80

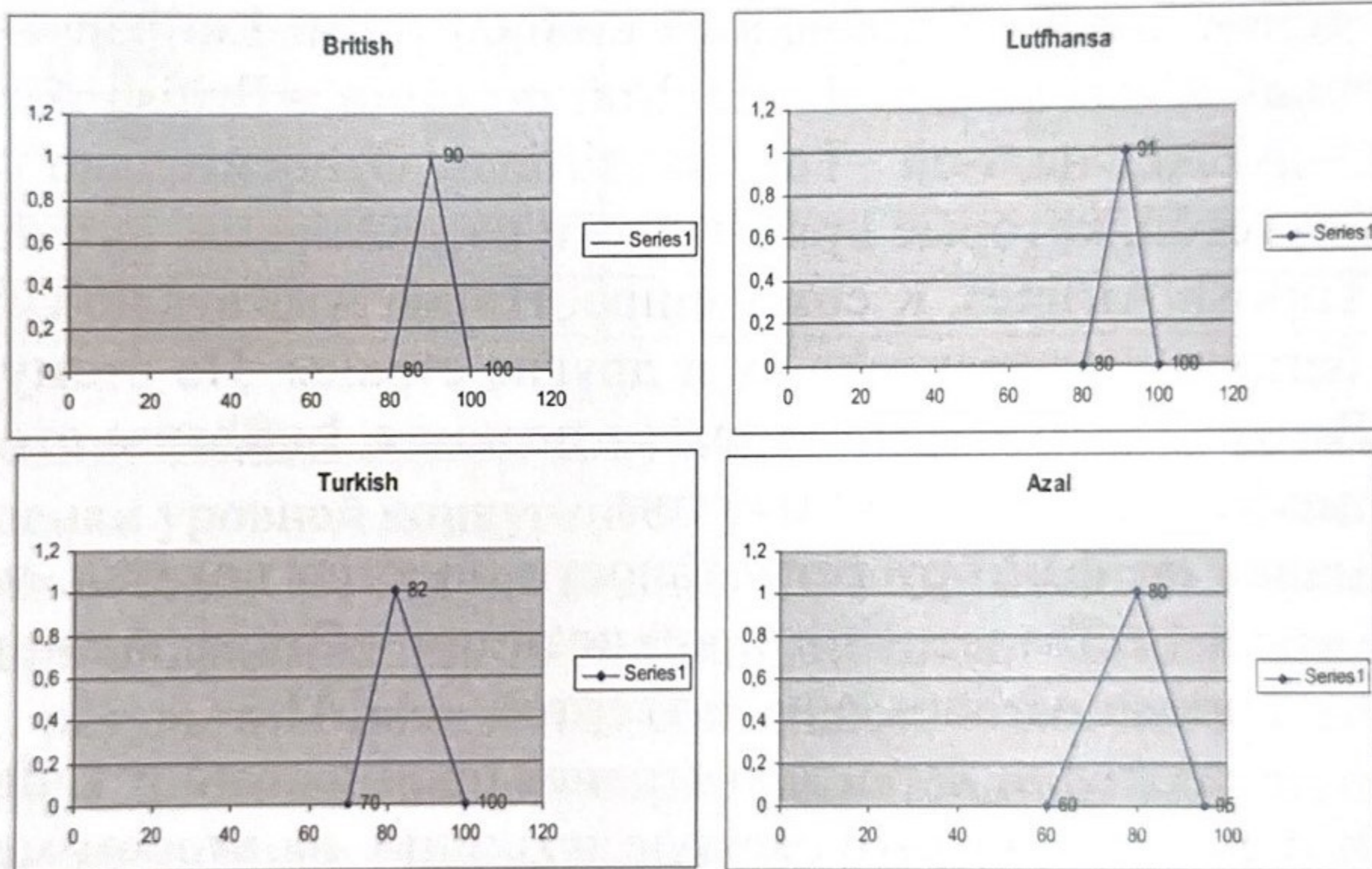


Рис. 1. Функции принадлежности после 3-ей интернет-экспертизы

По результатам проведенного анализа можно утверждать, что все рассматриваемые авиакомпании обладают достаточно высокой оценкой квалификации на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане. Результаты интернет-экспертизы этих авиакомпаний по критерию x_2 показали, что авиакомпания Lufthansa оценивается как наиболее надежная с точки зрения безопасности полетов. Вторую позицию по данному показателю занимает авиакомпания British Airways, на третьей позиции – Turkish Airlines, и на 4 позиции – авиакомпания AZAL.

Интегральные результаты интернет-экспертизы позволили получить весьма важные сведения, на основе которых авиакомпания могут существенно улучшить качество предоставляемых ими услуг, а также повысить свою деловую активность. Экспертные данные проведенного опроса пассажиров разных категорий и обработка ответов посредством применения метода Fuzzy Delphi показали, что авиакомпании British Airways и Lufthansa имеют самую высокую оценку по безопасности полетов, а авиакомпании Turkish Airlines и Azal получили соответственно средние оценки¹⁴.

С точки зрения финансовой стабильности Lufthansa является лучшей авиакомпанией. На 2-ой позиции – British Airways, на 3-ей – AZAL, на 4-ой – Turkish Airlines. Относительно гарантийных пакетов, которые прибывают с пассажирами, лучшей является Turkish Airlines. К сожалению, British Airways до сих пор путает багажи и отправляет их в другие страны. По этому фактору у British Airways только третья позиция, Lufthansa стоит на втором месте, AZAL – на четвертом.

Анализ по фактору регулярности полетов показал, что на первом месте Lufthansa, на второй позиции – British Airways, на третьей – Turkish Airlines, а на четвертой – AZAL.

По показателям хорошего сервиса бронирования Lufthansa и British Airways занимают первую позицию, на втором месте – Turkish Airlines, а на третьем – AZAL.

Таким образом, по совокупности интегральных оценок относительно удовлетворительности авиакомпаний на предмет их соответствия показателям x_i ($i = 1 \div 5$), полученных с применением метода Fuzzy Delphi к обработке данных интернет-экспертизы, авиакомпания Lufthansa имеет конкурентоспособное преимущество перед другими четырьмя компаниями. Далее следуют British Airways, Turkish Airlines и AZAL.

С учетом обобщенных весов α_i ($i = 1 \div 5$), идентифицированных для факторов конкурентоспособности авиакомпаний x_i ($i = 1 \div 5$) на

¹⁴S. Imanova, Application of Fuzzy Delphi Method for Evaluation Service Quality of Airlines in Azerbaijan, b-Quadrat Verlag (2007) pp. 331-337

основе экспертных заключений, и применение критерия итоговой оценки (7), для выбранных авиакомпаний получены интегральные оценки уровней конкурентоспособности (см. Табл. 11).

Таблица 11. Суммарные оценки удовлетворительности авиакомпаний

Авиакомпания	Признаки конкурентоспособности					Оценка
	Цена билета	Надёжность	Регулярность	Сервис	Тип ВС	
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
	Весовые коэффициенты критериев оценки					
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	
	0.28995	0.23760	0.18721	0.15449	0.13075	
a_1	86	90	88	87	89	87.87
a_2	90	91	92	93	90	91.08
a_3	92	82	86	89	86	87.25
a_4	85	80	84	86	88	84.17

Сравнительный анализ полученных тремя методами результатов оценки уровней конкурентоспособности авиакомпаний представлен в Табл. 11, откуда видно, что относительно занимаемых позиций авиакомпаний Airways, Lufthansa, Turkish Airlines и AZAL результаты полностью совпадают. Более того, как видно из Табл. 12, данное ранжирование также подтверждается результатами оценивания этих авиакомпаний с использованием достаточно тривиальных правила Парето и метода Борда.

Таблица 12. Результаты оценки авиакомпаний на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане

Авиакомпания	Fuzzy Delphi метод		Система нечёткого вывода		Метод максиминной свёртки:			
					при одинаковых степенях важности критериев		при разных степенях важности критериев	
	О	П	О	П	О	П	О	П
British Airways	87.87	2	0.9080	2	0.83529	2	0.94915	2
Lufthansa	91.08	1	0.9535	1	0.91226	1	0.97373	1
Turkish Airlines	87.25	3	0.8635	3	0.74266	3	0.93175	3
AZAL	84.17	4	0.8246	4	0.69260	4	0.91643	4

О – оценка, П – порядок

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее существенные результаты диссертационного исследования, обладающие научной новизной состоят в следующем:

- проведены исследования методологии оценки качества логистических услуг на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане;
- проведена систематизация критериев оценки качества пассажирских авиаперевозок на основе детализации факторов, оказывающих критическое влияние на логистическую инфраструктуру обслуживания в авиакомпаниях;
- разработана обоснованная шкала градации для оценки логистических услуг авиакомпаний, с применением системы нечеткого логического вывода;
- созданы и протестированы экспертно-нечеткие модели для комплексной оценки качества обслуживания в авиакомпаниях, с последующим упорядочением их по рангам;
- разработан и протестирован экспертный метод определения весовых коэффициентов факторов, которые оказывают критическое влияние на уровень логистических услуг, предоставляемых авиакомпанией.
- проведен сравнительный анализ результатов расчета интегрального уровня качества обслуживания авиапассажиров различных категорий в авиакомпаниях с применением экспертно-нечеткого подхода, нечеткого метода Дельфи, методов Борда и Парето, а также методов скоринг-анализа;
- проведена апробация методов и моделей на примере оценки логистических услуг, предоставляемых авиакомпаниями British Airways, Lufthansa, Turkish Airlines и AZAL, которые функционируют на рынке пассажирских авиаперевозок в Азербайджане.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих научных статьях:

1. S. Imanova, Application of Fuzzy Delphi Method for Evaluation Service Quality of Airlines in Azerbaijan b-Quadrat Verlag, ICSCCW-2007, pp. 331-337
2. S.Imanova, Total Quality Management in Azerbaijan-the way to perfection is difficult// Caucasus and Central Asia in the Globalization Process, Qafqaz University, Baku 02-07 May 2007, pp.487-490
3. S. Imanova, Algılanan hizmet kalitesinin Fuzzy Delphi metoduyla ölçülmesi//Elm və təhsildə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi, Bakı 01-03 Noyabr 2007, s.87-91
4. S.N.Imanova, Service quality evaluation by Fuzzy Delphi Method// International Conference on Application of Information and Communication Technologies-IEEE, 14-16 October 2007, DOI: [10.1109/AICT15929.2009](https://doi.org/10.1109/AICT15929.2009)
5. S.N.Imanova, Audit of Satisfaction of the Consumer//Journal of Qafqaz University, Number 20, 2007, pp.187-192
6. S.N.İmanova, Mənimşənən xidmət keyfiyyətinin Fuzzy Delphi metoduyla ölçülməsi// Journal of Qafqaz University, 2010, № 30, s.103-108
7. S.N.İmanova, Müasir idarəetmədə klassik keyfiyyət anlayışı// II International Scientific Conference of Young Researchers, Baku 27-28 April 2018, стр. 686-690
8. S.Imanova, S.Suleymanov, G.Jafarli, The role of data analytics in transportation// III International Scientific Conference of Young Researchers, Baku 29-30 April 2019, pp.478-480
9. С.Н.Иманова, Обзор работ по оценке качества сервиса в бизнес-среде//Journal of Baku Engineering University, Vol-3 №-2 2019, стр.63-71
10. S.Imanova, Evaluation of logistics services of airlines in the Azerbaijan passenger transportation market, Lecture notes in networks and systems, Springer Cham, Vol-610, pp 154-163

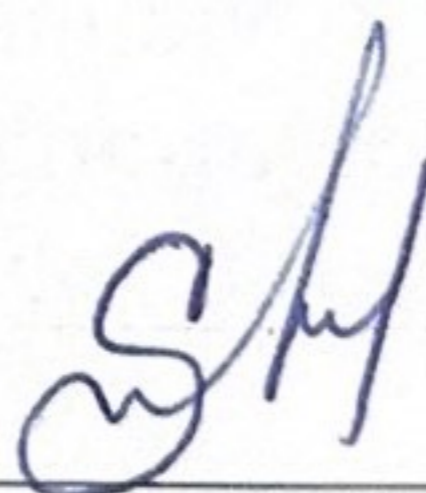
Защита диссертации состоится **07.05.2024 в 14.00** на заседании Диссертационного совета ED 2.48 при Азербайджанском государственном университете нефти и промышленности по адресу:

6/21 Азадлыг проспекти, Баку, AZ1010.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Электронная версия диссертации и автореферата размещена на официальном сайте Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности

Автореферат разослан «06» __04__ 2024 года



Подписано в печать: 04.04.2024

Формат бумаги: А5

Объём: 40 118

Тираж: 100