

Научная статья

УДК 004.827

DOI 10.25205/1818-7900-2025-23-2-18-28

## Интеграция тесных кванторов в систему проверки согласованности экспертных оценок

Елена Дмитриевна Малаева

Новосибирский государственный университет

Новосибирск, Россия

e.malaeva@g.nsu.ru

### Аннотация

В статье рассматривается интеграция тесных кванторов в систему проверки согласованности экспертных оценок, что позволяет значительно расширить возможности анализа различных ситуаций. Кванторы существования и всеобщности обеспечивают обработку более сложных логических выражений, увеличивая точность и гибкость системы. Такой подход позволяет учитывать как индивидуальные вероятности факторов, так и их комбинации, что особенно важно при решении комплексных задач, связанных с оценкой рисков и стратегическим управлением. В работе подробно описаны алгоритмы проверки согласованности, включая построение графов для визуализации взаимосвязей между экспертными оценками и методы исправления несогласованностей. Также обсуждается модульный подход к разработке программной системы, обеспечивающей автоматизацию анализа экспертных оценок. Предложенная система демонстрирует высокую универсальность и применимость в задачах управления рисками, прогнозирования и принятия решений, что делает ее важным инструментом для повышения точности прогнозов и разработки более эффективных стратегий управления.

### Ключевые слова

экспертные оценки, субъективная вероятность, проверка согласованности, тесные кванторы

### Для цитирования

Малаева Е. Д. Интеграция тесных кванторов в систему проверки согласованности экспертных оценок // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2025. Т. 23, № 2. С. 18–28. DOI 10.25205/1818-7900-2025-23-2-18-28

## Integration of Tight Quantifiers into the System for Checking Consistency of Expert Evaluations

Elena D. Malaeva

Novosibirsk State University,

Novosibirsk, Russian Federation

e.malaeva@g.nsu.ru

### Abstract

This paper discusses the integration of tight quantifiers into a system for checking the consistency of expert evaluations, significantly enhancing the system's ability to analyze various scenarios. Existential and universal quantifiers enable the processing of more complex logical expressions, increasing both accuracy and flexibility. This approach allows for consideration of both individual probabilities of factors and their combinations, which is particularly important for solving

© Малаева Е. Д., 2025

ISSN 1818-7900 (Print). ISSN 2410-0420 (Online)

Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2025. Том 23, № 2

Vestnik NSU. Series: Information Technologies, 2025, vol. 23, no. 2

complex problems related to risk assessment and strategic management. The paper provides a detailed description of consistency-checking algorithms, including graph-based visualization of relationships between expert evaluations and methods for resolving inconsistencies. Additionally, a modular approach to developing a software system for automating expert evaluation analysis is discussed. The proposed system demonstrates high versatility and applicability in risk management, forecasting, and decision-making tasks, making it a valuable tool for improving prediction accuracy and developing more effective management strategies.

#### *Keywords*

expert evaluations, subjective probability, checking consistency, tight quantifiers

#### *For citation*

Malaeva E. D. Integration of tight quantifiers into the system for checking consistency of expert evaluations. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2025, vol. 23, no. 2, pp. 18–28 (in Russ.) DOI 10.25205/1818-7900-2025-23-2-18-28

## Введение

Оценка рисков занимает ключевое место в процессе принятия решений, особенно в условиях возрастающей сложности современных социально-экономических систем. Основной целью оценки рисков является идентификация, анализ и управление факторами, способными повлиять на успех или провал различных проектов и процессов. В последние десятилетия значительное внимание уделяется разработке методов оценки рисков, которые способны учитывать как количественные, так и качественные аспекты. Одним из наиболее широко применяемых инструментов является метод экспертных оценок, который используется в ситуациях, где невозможно или нецелесообразно полагаться исключительно на статистические данные. Методы экспертных оценок предоставляют возможность учитывать мнение высококвалифицированных специалистов для анализа сложных проблем. Экспертные оценки применяются в различных сферах, включая промышленность, энергетику, финансы и управление проектами. Эти методы особенно важны, когда отсутствуют достаточные статистические данные или когда требуются интуитивно-логические выводы. Эксперты привлекаются для определения ключевых факторов рисков, их вероятности и последствий, что позволяет формировать обоснованные стратегии минимизации угроз [1; 2].

Экспертные методы оценки можно разделить на индивидуальные и коллективные. Индивидуальные оценки основываются на мнении одного специалиста, тогда как коллективные включают обработку мнений группы экспертов с использованием таких техник, как метод Дельфи, мозговой штурм или анкетирование. Коллективные методы позволяют снизить субъективность, выявляя более объективные тенденции и оценки [4]. Применение экспертных методов обладает рядом преимуществ. Во-первых, они обеспечивают гибкость и возможность учитывать уникальные аспекты рассматриваемых ситуаций. Экспертные методы не ограничиваются жесткими алгоритмами или моделями. Они позволяют адаптироваться к специфике задачи, будь то промышленный проект, энергетическая система или финансовый анализ. Во-вторых, экспертные оценки позволяют анализировать не только количественные, но и качественные параметры, такие как неопределенность и многокритериальность. Однако, несмотря на свои достоинства, данные методы имеют и ограничения, связанные с субъективностью экспертов, возможными конфликтами интересов и сложностью формирования однородной экспертной группы [2; 4].

Для повышения надежности экспертных оценок необходимы стандартизированные процедуры подбора и обучения экспертов, а также четкие регламенты проведения исследований. Например, методология, представленная А. И. Орловым, включает структурированный подход к организации экспертных опросов, обработке данных и интерпретации результатов, что снижает вероятность ошибок и повышает объективность итоговых выводов [4]. В энергетике экспертные оценки используются для анализа рисков, связанных с надежностью оборудования,

устойчивостью поставок и безопасностью производства. Например, в работе Е. П. Куркиной и Д. Г. Шуваловой подчеркивается значимость разработки анкет для экспертов, позволяющих учитывать специфику отрасли и особенности проектов [1]. В финансовом секторе методы экспертных оценок применяются для анализа кредитных рисков, где объективность играет ключевую роль из-за высокой волатильности рынка [3].

Особую роль экспертные оценки играют при управлении сложными проектами, включающими множество взаимосвязанных рисков. В таких ситуациях коллективные методы, сочетающие статистический анализ с интуитивными выводами экспертов, предоставляют наиболее полное и надежное представление о возможных угрозах и путях их минимизации [3; 4]. Современные вызовы, такие как нестабильность рынков, геополитические риски и климатические изменения, требуют совершенствования существующих методов анализа рисков. Интеграция экспертных оценок в системы управления рисками позволяет учитывать сложные и многомерные зависимости, которые трудно формализовать в рамках традиционных методов. Это делает экспертные оценки незаменимым инструментом для поддержки принятия решений в условиях неопределенности [2; 3].

Таким образом, развитие и применение методов экспертных оценок является важным шагом на пути повышения эффективности управления рисками. Современные подходы, включающие использование методов нечеткой логики, позволяют значительно расширить возможности анализа и принимать более обоснованные решения в сложных ситуациях.

## 1. Обоснование и цели разработки

Рассмотрим пример, связанный с оценкой рисков для компании, планирующей запуск нового производственного объекта. Проект требует оценки нескольких критически важных факторов, таких как надежность оборудования, стабильность поставок и финансовая устойчивость компании. Для получения объективной картины компания обращается к трем экспертам: инженеру по оборудованию, логисту и финансовому аналитику, чтобы каждый из них оценил вероятность успешной реализации проекта со своей стороны.

Инженер по оборудованию оценивает вероятность успеха в 30 %, принимая во внимание возможные технические сложности и необходимость регулярного обслуживания оборудования. Логист, отвечающий за поставки, дает более высокую оценку – 40 %, ссылаясь на риски, связанные с возможными задержками и ограничениями в цепочке поставок. В то же время финансовый аналитик оценивает вероятность успешного завершения проекта в 90 %, так как компания имеет устойчивое финансовое положение и может покрыть непредвиденные расходы.

На первый взгляд, такие оценки кажутся несогласованными из-за значительных расхождений в них. Но каждый эксперт использует свои критерии: инженер фокусируется на технических аспектах, логист – на устойчивости поставок, а финансовый аналитик – на общей платежеспособности компании. Компания проводит анализ согласованности этих вероятностей. В ходе анализа выясняется, что, несмотря на различия в оценках, все эксперты согласны в одном – для успешного запуска проекта необходимо усилить контроль над поставками и повысить надежность оборудования. А финансовая устойчивость компании является важным преимуществом, которое можно использовать для реализации этих мер. Таким образом, компания принимает решение инвестировать в проект, но с учетом дополнительных мер, направленных на повышение устойчивости поставок и надежности оборудования.

Какой же из этого вывод? Использование анализа согласованности позволяет увидеть полную картину и учесть разнообразные факторы, что помогает принимать более обоснованные решения.

Ранее была разработана система для проверки согласованности оценок, предназначенная для анализа экспертных данных, выявления потенциальных противоречий и визуализации

этих несоответствий [5]. В данной программной системе обрабатывались только предложения логики предикатов без кванторов. Расширение входных данных системы за счет использования тесных кванторов значительно увеличит выразительность логической модели, что позволит более точно формулировать и анализировать утверждения о влиянии различных факторов на конечный результат. Кванторы существования и всеобщности позволяют моделировать намного более разноплановые ситуации, и это значительно расширяет возможности системы, делая ее более гибкой и способной учитывать сложные связи между условиями.

Использование кванторов, например в контексте оценки рисков, будет способствовать более точному и полному анализу, учитывая как отдельные факторы рисков, так и их комбинации. Это сделает прогнозы более надежными, так как система будет способна учитывать более широкий спектр взаимосвязанных рисков. Кванторы дадут возможность анализировать не только вероятность каждого отдельного события, но и взаимодействие между ними, что повысит точность и полезность результатов.

Таким образом, расширение системы тесными кванторами создаст более мощную, гибкую и эффективную среду для анализа сложных ситуаций, улучшая не только точность вычислений, но и качество принимаемых решений, будь то в области оценки рисков или других задачах, требующих комплексного анализа.

Исходя из этого, было принято решение об интеграции тесных кванторов в ранее разработанную систему проверки согласованности экспертных оценок. Опишем общие принципы работы ранее разработанных модулей и модуля работы с тесными кванторами.

## 2. Алгоритм проверки согласованности экспертных оценок

Алгоритм проверки согласованности экспертных оценок основывается на теоретико-модельной формализации знаний экспертов в виде нечеткой модели, которая является консервативным расширением понятия модели в классической логике предикатов [6]. Проверка согласованности экспертных знаний заключается в определении нечеткой модели, в которую эти знания вкладываются. Если такой модели не существует, то полученные знания считаются некорректными с логической точки зрения [7].

Набор экспертных оценок конечен и часто бывает неполным. Поэтому не всегда удается однозначно сформулировать нечеткую модель, которая бы формализовала эти знания. В результате возникает класс нечетких моделей, соответствующих данному набору экспертных оценок. Это приводит к проблеме неопределенности при генерации новых оценочных знаний о рассматриваемой области [8].

Существующие решения не позволяют оценивать события несколькими значениями, что является серьезным ограничением [9]. Обычно системы оценки используют одно числовое значение вероятности для каждого события, однако эксперты могут иметь разные оценки, основанные на их опыте и восприятии. Это приводит к несовместимости систем, когда одно и то же событие имеет разные вероятностные оценки, что затрудняет принятие решений. Одним из способов решения этой проблемы является использование интервала вероятностей, который охватывает все оценки от экспертов. Такой подход учитывает разнообразие мнений и предоставляет более полное представление о вероятности события [10].

Система проверки согласованности состоит из трех модулей, каждый из которых выполняет определенную задачу, позволяя наглядно отобразить и проанализировать данные.

1. Модуль парсинга введенных в программную систему предложений.
2. Модуль проверки согласованности оценок, выявляющий и отображающий несогласованности, строя граф взаимосвязей между оценками.
3. Модуль исправления несогласованностей, предлагающий два метода корректировки оценок: метод ближайшего верного значения и метод равномерного распределения нагрузки.

Для проверки согласованности оценочных знаний необходимо привести все введенные предложения к виду СДНФ. Это возможно, потому что все введенные формулы являются предложениями. По предложениям и субъективным вероятностям их наступления строится система линейных уравнений, а далее по теореме Кронекера – Капелли [11] проверяется совместность системы. Затем система решается, но на нее накладывается ограничение: вероятность каждого конъюнкта СДНФ должна принадлежать отрезку от 0 до 1, так как по определению вероятность принимает именно такие значения.

При решении системы уравнений может возникнуть три ситуации:

1. Система имеет решения при заданных ограничениях.
2. Система не имеет решений при заданных ограничениях, но имеет решения, выходящие за пределы ограничений.
3. Система не имеет решений.

В первом и втором случаях для визуализации данных производится отрисовка графа. Для примера из табл. 1 граф изображен на рис. 1.

Таблица 1

Входные данные

Table 1

Input data	
$\varphi_1 = P(a) \vee !Q(b);$	0,65
$\varphi_2 = (P(a) \vee Q(b)) \& (P(a) \vee !Q(b)).$	0,8

В графе в качестве последнего уровня вершин представлены конъюнкты из СДНФ предложений. Эти конъюнкты постепенно собираются в предложения, которые были поданы на вход, с помощью дизъюнкции между собой, а ребра представляют собой отношение частичного порядка между ними.

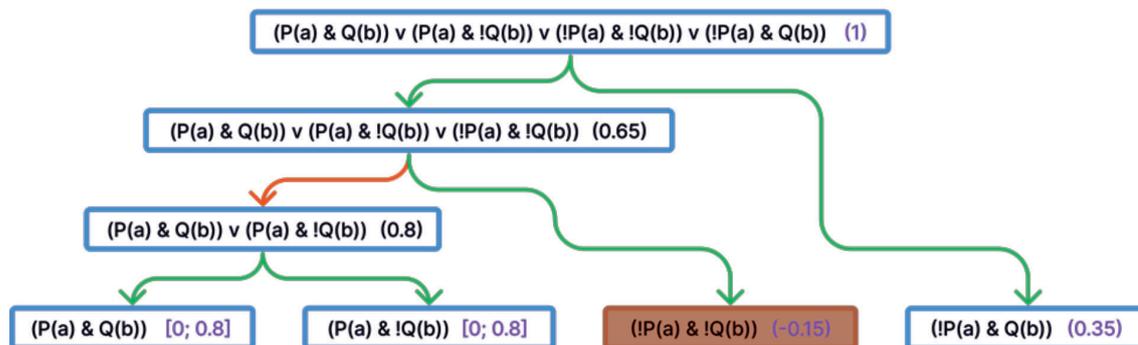


Рис. 1. Граф для визуализации согласованности экспертных оценок  
Fig. 1. Graph for visualizing the consistency of expert evaluations

У каждой вершины есть свое оценочное значение. Вероятность события, которое является дизъюнкцией нескольких условий, всегда будет больше либо равна вероятности любого из его подмножеств из-за монотонности вероятности.

Происходит проверка всех ребер построенного графа. Вес вершин на пути от последнего уровня до корня должен монотонно нестрого возрастать из-за монотонности вероятности. В том месте, где это правило нарушается, происходит рассогласование оценок.

### 3. Модуль работы с тесными кванторами

Формулой с тесными кванторами будем называть формулу логики предикатов, где область действия квантора представлена одним предикатом.

Так как множество объектов в поданных на вход программе предложениях конечно, каждое предложение, содержащее квантор, эквивалентно некоторому бескванторному предложению. Кванторные предложения можно развернуть в конечное число бескванторных предложений путем подстановки всех возможных значений из этого множества объектов. Квантор существования можно заменить на конечную дизъюнкцию предложений, а квантор всеобщности – на конечную конъюнкцию предложений:

$$\exists xP(x) \equiv P(a_1) \vee P(a_2) \vee \dots \vee P(a_n);$$

$$\forall xP(x) \equiv P(a_1) \wedge P(a_2) \wedge \dots \wedge P(a_n).$$

Поэтому сначала программная система формирует множество констант, которые она берет из поданных на вход предложений. А затем заменяет все предложения с тесными кванторами на бескванторные предложения, подставляя в них все возможные значения из множества объектов.

После этого производится вычисление оценочных значений все по тому же алгоритму: сначала все предложения приводятся к виду СДНФ, строится система линейных уравнений, проверяется ее совместность и решается система линейных уравнений. Следует отметить, что при подстановке констант в предложение с квантором могут получиться предикаты с константами, которые изначально не присутствовали в исходных предложениях, поданных на вход программы. Это значит, что программная система не только определяет согласованность экспертных оценок, но и вычисляет вероятность наступления событий для ранее не встречавшихся предложений, порожденных в процессе подстановки, что, безусловно, является преимуществом.

После всего этого также строится граф. Для демонстрации работы возьмем формализованный пример, который был приведен в разделе 1.

Компания планирует внедрение нового продукта, и для этого она оценивает различные риски, связанные с успешностью проекта. В частности, компания анализирует, как отдельные риски и общая вероятность рисков могут повлиять на успех проекта.

На успех проекта потенциально влияет множество различных рисков. Рассмотрим несколько конкретных аспектов, по которым известны оценки:

1. Надежность оборудования (обозначим это как  $a$ ).
2. Стабильность поставок (обозначим как  $b$ ).
3. Финансовая устойчивость компании (обозначим как  $c$ ).

И рассмотрим предикаты, заданные на этом множестве рисков:

1.  $P(x)$  – это предикат, который означает, что «условие  $x$  способствует успеху проекта».
2.  $Q(y)$  – это предикат, который означает, что «условие  $y$  несет в себе риск для проекта».

На вход подаются предложения из табл. 2 с вероятностными оценками.

Таблица 2

Экспертные оценки рисков

Table 2

Expert risk evaluations	
$\varphi_1 = P(a) \vee !Q(b);$	0,3
$\varphi_2 = P(c);$	0,9
$\varphi_3 = \exists xP(x).$	0,4

Первое предложение отражает вероятность того, что проект будет успешен, если оборудование надежное (условие  $P(a)$ ) или поставки будут стабильными (отсутствие риска  $Q(b)$ ). Его вероятность равна 0,3.

Второе предложение – вероятность того, что финансовая устойчивость компании способствует успеху проекта, и она равна 0,9.

Третье предложение – существует хотя бы одно условие  $x$  из множества всех рисков, которое способствует успеху проекта, вероятность этого равна 0,4.

Чтобы работать с третьим предложением на практике, заменим квантор существования на конечную дизъюнкцию, используя конкретные риски  $a$ ,  $b$  и  $c$ , для которых у нас есть данные. Таким образом, мы переходим к бескванторному предложению:

$$\varphi_3 = P(a) \vee P(b) \vee P(c).$$

Теперь у нас есть три бескванторных предложения, для которых можно проверить согласованность с помощью системы линейных уравнений и построить соответствующий граф (рис. 2).

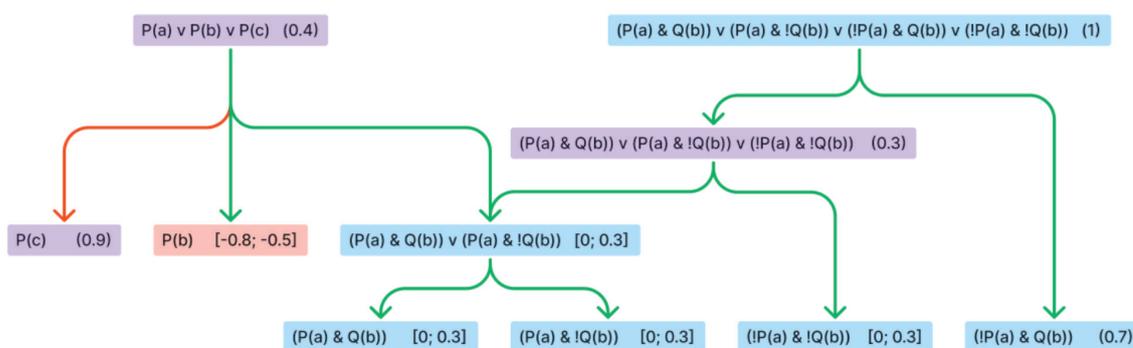


Рис. 2. Граф для визуализации согласованности экспертных оценок рисков  
Fig. 2. Graph for visualizing the consistency of expert risk evaluations

Красная стрелка указывает на место, где монотонность нарушена, т. е. вероятность более общего события оказалась меньше вероятности частного события.

Что же может предпринять компания, увидев такой результат?

Первый вариант. Вероятность для финансовой устойчивости компании  $P(c)$  равна 0,9, а общая вероятность для хотя бы одного условия, способствующего успеху, равна 0,4. Это может говорить о необходимости пересмотра оценки для  $P(c)$ .

Второй вариант. Вероятность 0,4 для общего события показывает, что даже при высокой оценке для финансовой устойчивости (0,9) вероятность успеха при учете всех условий остается низкой. Это говорит о том, что надежность оборудования  $P(a)$  и стабильность поставок  $P(b)$  оцениваются недостаточно высоко, что снижает общую вероятность успеха проекта. В таком контексте компания может усилить надежность оборудования или снизить риски, связанные с поставками, что увеличит общую вероятность успеха.

Учитывая нашу прошлую разработку – модуль исправления несогласованностей – программная система также может помочь компании понять, как именно и насколько им нужно скорректировать свои оценочные высказывания.

Если построенный граф оказался бы согласованным, при добавлении аспектов в рассмотрение экспертами важно учитывать, что их оценочное значение должно быть не меньше оценочного значения предложения с квантором, иначе согласованность может быть нарушена.

Когда вероятности согласованы, компания может быть уверена, что оценки экспертов по ключевым аспектам проекта согласуются друг с другом. Это дает более ясное представление о рисках. Такое согласованное видение помогает команде избежать ситуаций, когда одно направление работы настраивается на успех, а другое остается уязвимым. Проведение анализа согласованности помогает компании не только устранить противоречия, но и правильно расставить приоритеты, направив ресурсы на те области, которые требуют усиления. В конечном итоге, согласованность вероятностей позволяет компании принять более обоснованное решение: запускать проект, откладывать его или вносить корректировки. Если согласованная вероятность успеха проекта высока, компания может смело приступить к реализации. Если же согласованность показала, что успех маловероятен, проект можно пересмотреть, чтобы снизить риски или изменить стратегию.

#### 4. Интерфейс программной системы

Интерфейс программной системы разработан с использованием библиотеки JavaFX. Реализовано разделение на Model, View и Controller с применением FXML, что позволяет привязывать методы контроллеров к элементам пользовательского интерфейса.

Пользователь может задавать события через диалоговое окно, формулируя их в виде предложений логики предикатов, используя операторы конъюнкции, дизъюнкции, импликации, отрицания, кванторы существования и всеобщности, а также указывать вероятности наступления этих событий в диапазоне от 0 до 1. Пользователь может вводить любое количество таких формул с соответствующими вероятностными оценками. Входные данные для примера из раздела 2 представлены на рис. 3.

The dialog window contains three input fields for logical formulas and their corresponding probabilities:

- 1.  $P(a) \vee Q(b)$  with probability 0.3
- 2.  $P(c)$  with probability 0.9
- 3.  $\exists x P(x)$  with probability 0.4

Below the input fields are buttons for logical operators:  $\forall$ ,  $\exists$ ,  $\vee$ ,  $\wedge$ , and  $\rightarrow$ . At the bottom are three main buttons: "Добавить поле" (Add field), "Построить граф" (Build graph), and "Решение системы" (Solve system).

Рис. 3. Диалоговое окно

Fig. 3. Dialog window

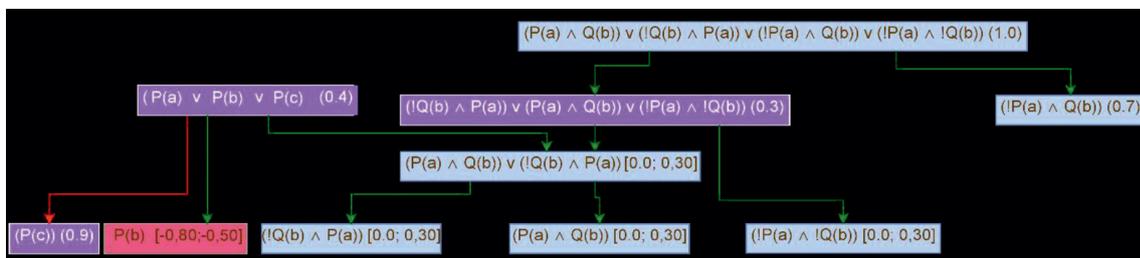


Рис. 4. Результат работы программной системы

Fig. 4. Result of the software system's operation

После нажатия кнопки «Построить граф» система визуализирует введенные данные. Узлы, представляющие программно-рассчитанные вероятности, отображаются голубым цветом, а те, которые определены пользователем, – фиолетовым. Если введенные данные противоречат друг другу, места несогласованности подсвечиваются в интерфейсе. Розовым цветом отображаются узлы с отрицательной вероятностью, а красные ребра графа обозначают нарушение монотонности вероятностных оценок. Скриншот, на котором отражен результат работы программной системы для примера из раздела 2, приведен на рис. 4.

### Заключение

Интеграция тесных кванторов в систему проверки согласованности экспертных оценок значительно расширяет возможности анализа сложных ситуаций. Это позволяет более точно моделировать взаимодействие различных факторов, учитывая как их индивидуальные вероятности, так и их комбинации. Кванторы существования и всеобщности позволяют обрабатывать более сложные логические выражения, что увеличивает гибкость и точность системы. Такой подход улучшает способность системы учитывать разнообразные сценарии, что особенно важно для комплексных задач, таких как оценка рисков или принятие стратегических решений, где необходимо учитывать множество факторов и их взаимные зависимости.

Кроме того, использование тесных кванторов помогает не только выявлять несогласованности в оценках, но и предсказывать новые, ранее не учтенные обстоятельства, что повышает общую надежность полученных результатов. Расширение системы с учетом кванторов делает ее более универсальной и мощной, что способствует принятию более обоснованных решений. В контексте оценки рисков для бизнеса или других задач, требующих анализа экспертных оценок, такая интеграция играет ключевую роль в повышении точности прогнозов и поддержке более эффективных стратегий управления рисками.

### Список литературы

1. Куркина Е. П., Шувалова Д. Г. Оценка риска: экспертный метод // Проблемы науки. 2017. № 1 (14). С. 63–69.
2. Павленко А. В., Ковалева Е. Г., Радоуцкий В. Ю. Анализ подходов к оценке риска // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. №3. С. 106–109.
3. Жуков М. С., Орлов А. И., Фалько С. Г. Экспертные оценки в рисках // Контроллинг. 2017. № 66. С. 24–27.
4. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 2. Экспертные оценки. М.: Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана, 2011. 488 с.
5. Малаева Е. Д., Яхьяева Г. Э. Программная система визуализации и проверки согласованности оценочных знаний экспертов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2023. Т. 21. № 1. С. 32–45.
6. Yakhyaeva G. Fuzzy model truth values // Proceedings of the 6-th International Conference Aplimat, February 6–9, 2007. Bratislava, Slovak Republic, 2007. P. 423–431.
7. Яхьяева Г. Э., Ясинская О. В. Методы согласования знаний по компьютерной безопасности, извлеченных из различных документов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2013. Т. 11, № 3. С. 63–73.
8. Yakhyaeva G., Skokova V. Subjective Expert Evaluations in the Model-Theoretic Representation of Object Domain Knowledge. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2021. P. 152–165.

9. **Карасев О. И., Китаев А. Е., Миронова И. И., Шинкаренко Т. В.** Экспертные процедуры в форсайте: особенности взаимодействия с экспертами в проектах по долгосрочному прогнозированию // Вестник Санкт-Петербург. ун-та. Социология. 2017. № 2. С. 169–184.
10. **Дымонт Н. А., Малаева Е. Д., Яхьяева Г. Э.** Алгоритмы проверки корректности интервальных экспертных оценок. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2024. Т. 22. № 2.
11. **Ильин В. А., Ким Г. Д.** Линейная алгебра и аналитическая геометрия. М.: Проспект, 2007. 400 с.

### References

1. **Kurkina E. P., Shuvalova D. G.** Otsenka riska: ekspertnyi metod [Risk assessment: expert method]. *Problems of Science*, 2017, no. 1 (14), pp. 63–69. (In Russ.)
2. **Pavlenko A. V., Kovaleva E. G., Radoutskiy V. Yu.** Analiz podkhodov k otsenke riska [Analysis of approaches to risk assessment]. *Vestnik BSTU named after V. G. Shukhov*, 2015, no. 3, pp. 106–109. (In Russ.)
3. **Zhukov M. S., Orlov A. I., Falko S. G.** Ekspertnye otsenki v riskakh [Expert evaluations in risks]. *Controlling*, 2017, no. 66, pp. 24–27. (In Russ.)
4. **Orlov A. I.** Organizatsionno-ekonomicheskoe modelirovanie. Chast' 2. Ekspertnye otsenki [Organizational and economic modeling. Part 2. Expert evaluations]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 2011, 488 p. (In Russ.)
5. **Malaeva E. D., Yakhyayeva G. E.** Programmnyaya sistema vizualizatsii i proverki soglasovannosti otsenochnykh znaniy ekspertov [Software system for visualization and verification of expert evaluative knowledge consistency]. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2023, vol. 21, no. 1, pp. 32–45. (In Russ.)
6. **Yakhyayeva G.** Fuzzy model truth values. // Proceedings of the 6-th International Conference Aplimat, February 6-9, 2007, Bratislava, Slovak Republic, pp. 423–431.
7. **Yakhyayeva G. E., Yasinskaya O. V.** Metody soglasovaniya znaniy po komp'yuternoy bezopasnosti, izvlechennykh iz razlichnykh dokumentov [Methods for aligning knowledge on computer security extracted from various documents]. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2013, vol. 11, no. 3, pp. 63–73. (In Russ.)
8. **Yakhyayeva G., Skokova V.** Subjective Expert Evaluations in the Model-Theoretic Representation of Object Domain Knowledge. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2021, pp. 152–165.
9. **Karasev O. I., Kitaev A. E., Mironova I. I., Shinkarenko T. V.** Ekspertnye protsedury v forsайте: osobennosti vzaimodeystviya s ekspertami v proyektakh po dolgosrochnomu prognozirovaniyu [Expert procedures in foresight: features of interaction with experts in long-term forecasting projects]. *Vestnik of Saint Petersburg University. Sociology*, 2017, no. 2, pp. 169–184. (In Russ.)
10. **Dymont N. A., Malaeva E. D., Yakhyayeva G. E.** Algoritmy proverki korrrektnosti interval'nykh ekspertnykh otsenok [Algorithms for verifying the correctness of interval expert evaluations]. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2024, vol. 22, no. 2. (In Russ.)
11. **Ilyin V. A., Kim G. D.** Lineynaya algebra i analiticheskaya geometriya [Linear algebra and analytic geometry]. Moscow, Prospekt publ., 2007, 400 p. (In Russ.)

**Информация об авторе**

**Малаева Елена Дмитриевна**, студентка

**Information about the Author**

**Elena D. Malaeva**, Student

*Статья поступила в редакцию 04.02.2025;  
одобрена после рецензирования 17.04.2025; принята к публикации 17.04.2025*

*The article was submitted 04.02.2025;  
approved after reviewing 17.04.2025; accepted for publication 17.04.2025*