

# Аналитическая поддержка оценки рисков на основе интегрированной онтологии производственного технологического процесса

В.Е. Гвоздев

Факультет информатики робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: wega55@mail.ru

Л.Р. Черняховская

Факультет информатики робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: lrchern@yandex.ru

А.И. Малахова

Факультет информатики робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: aimalakhova@gmail.com

А.Р. Атнабаева

Институт экономики и управления  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: alsouy@mail.ru

## Аннотация<sup>1</sup>

В данной статье изложен подход к обеспечению аналитической поддержки принятия решений в управлении рисками технологического процесса на основе разработки интегрированной онтологии. Рассматривается разработка интегрированной онтологии поддержки анализа и оценки рисков технологического процесса производства пищевой продукции. Представлена модель сети Байеса для оценки риска в технологическом процессе.

## 1. Введение

Рационально организованный технологический процесс должен обеспечивать выпуск предприятием качественной и конкурентоспособной продукции при оптимальных затратах на производство и правильной организации труда. Предотвращение брака и неблагоприятных ситуаций является важной составляющей повышения качества готовой продукции. В данной работе предметом исследования является разработка моделей и алгоритмов аналитической поддержки анализа и оценки рисков технологического процесса производства пищевой продукции на примере производства хлеба и

хлебобулочных изделий. Пищевая промышленность России представляет собой одну из стратегических отраслей экономики, которая призвана обеспечить население страны необходимыми по количеству и качеству продуктами питания, среди которых хлеб и хлебобулочные изделия являются одними из наиболее распространенных продуктов питания населения. Требования к безопасности и качеству пищевых продуктов, а также менеджмент рисков определены в государственных стандартах [1-4]. Однако по данным ФСГС "Росстат" процент некачественных продуктов по категории «Хлеб и хлебобулочные изделия» на 2017 год составило 21,2% от объема отобранных товаров [5]. Таким образом, перед производителями выдвигаются требования в повышении качества выпускаемой продукции, осуществление которых возможно благодаря управлению рисками.

## 2. Анализ проблемы поддержки принятия решений при управлении рисками в технологическом процессе

За последние 6 лет уровень потребления хлеба и хлебобулочных изделий снизился на 10 % (рис.1). Это можно объяснить повышением уровня жизни населения, а также снижением качества готовой продукции. Современные запросы потребителей, подталкивают производителей выпускать продукцию ориентируясь, не на ценовую доступность, а на качественные характеристики хлеба.

Основным сырьем хлебопекарного производства является пшеничная или ржаная мука, вода, дрожжи

---

Труды Шестой всероссийской научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-31 мая, Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

и соль, остальные компоненты, применяемые в хлебопечении, относятся к дополнительному сырью.



Рис. 1. Потребление хлеба и хлебобулочных изделий в России

Производители постоянно экспериментируют именно с компонентами дополнительного сырья. На данный момент ГОСТ 31805-2012. «Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия» [4] содержит в себе разнообразный перечень видов дополнительного сырья, однако данный стандарт не запрещает использование пищевых добавок.

Полностью исключить ошибки при принятии решений в процессе производства пищевых продуктов невозможно. На данный момент производители стремятся разработать технологию быстрого и малозатратного производства. Динамичный прогресс появления новых технологий и химических смесей приводит к изменению рецептуры хлебобулочных изделий. В связи с этим в процессе изготовления продукции производители могут использовать более 3000 соединений, которые оказывают большое влияние на питание: изменяют цвет, стабилизируют, сохраняют, подслащивают, сгущают, добавляют аромат, смягчают. Эти соединения с одной стороны снижают себестоимость продукции и ускоряют процесс производства, а с другой стороны они могут иметь побочные эффекты, вызывающие риски для здоровья, такие как сердечные заболевания, рак, диабет, аллергии и ожирение [6]

Перечисленные факторы в свою очередь могут стать причиной возникновения нежелательных событий, которые сопровождаются существенными финансовыми и социальными потерями, что подвергает компанию серьезным рискам. Как следствие этого, возникают неблагоприятные ситуации, принятие решений для выхода из которых происходит, как правило, в условиях неопределенности. Таким образом, возникает риск, определяемый в соответствии с ГОСТ Р ИСО 31010 - 2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» как «сочетание вероятности события и его последствий», связанный с последствиями в виде материального ущерба, а в случае возникновения аварийной ситуации – угрозой жизни и здоровью людей [1]

Однако риском можно управлять, то есть использовать различные методы анализа и оценки риска и разработать мероприятия по предотвращению возникновения неблагоприятных ситуации и снижению рисков. Для повышения обоснованности, точности и оперативности принимаемых решений предлагается разработать систему аналитической поддержки оценки рисков на основе интегрированной онтологии производственного технологического процесса.

## 2. Онтологическая модель управления анализом и оценкой риска

В соответствии с задачами принятия решений в технологическом процессе установлены основные методы и инструменты поддержки принятия решений, представленные в таблице 1.

Таб. 1. Виды поддержки принятия решений

Задачи поддержки принятия решений	Методы и инструменты
1. Информационная поддержка принятия решений в технологических процессах	Онтология поддержки решений, алгоритмы информационного поиска.
2. Аналитическая поддержка принятия решений 2.1 Задачи оптимального использования ресурсов 2.2 Задачи разработки и оптимизации рецептуры с учетом замены ингредиентов 2.3 Задачи многокритериального принятия решений	Модели и методы математического программирования. Алгоритмы поиска адекватных методов оптимизации и принятия решений с применением онтологии. Модели и методы многокритериального принятия решений (метод анализа иерархий, методы Электра, метод последовательных уступок и др.).
3. Аналитическая и интеллектуальная поддержка анализа и оценки рисков.	Модели Байесовского анализа и сети доверия, Анализ опасности и критических контрольных точек (Hazard Analysis and Critical Control Points - HACCP) Структурированный анализ сценариев методом «что, если?» (SWIFT)

В настоящее время наблюдается интенсивный рост исследований в области Semantic Web и онтологического инжиниринга, способствующих развитию корпоративных знаний.

В результате онтологического анализа особенностей управления рисками и технологического процесса

производства пищевых продуктов разработана онтология поддержки принятия решений управления рисками с применением онтологического реактора protégé 5.2.

Онтология создает основу для выбора оптимального набора методов, которые позволят сократить время и ресурсы в процессе управления риском. В производственной системе взаимодействуют сотрудники обладающие различными квалификациями и компетенциями в различных областях знаний, в тоже время принятие количественных решений требует однозначного и явного понимания терминов (понятий) используемых в деловых процессах.

Интеграция концептуальных моделей двух процессов на базе онтологии позволит наладить коммуникацию между сотрудниками, а также решит проблему получения достоверной и актуальной информации для принятия решений в условиях неопределенности.

Возникновение разночтений терминологий между участниками и документами регламентирующими реализацию рассматриваемого процесса по управлению риском можно решить созданием интегрированной онтологии Risk с применением встроенной операции объединения онтологий в protégé (merge ontologies). Объединение онтологий с применением встроенной функции предусматривает реализацию операции объединению эквивалентных классов, сущностей и синонимов (в рассматриваемом контексте предметной области), с участием экспертов. Описание онтологии произведено на языке OWL DL (Web Ontology Language based on Description Logic). Разработанная на основе теории и технологии Semantic Web онтология всесторонне соответствует возможностям дескрипционной логики, позволяет описывать различные характеристики классов и их свойств, а также отношения между классами, определяющими структуру связей между своими экземплярами [7].

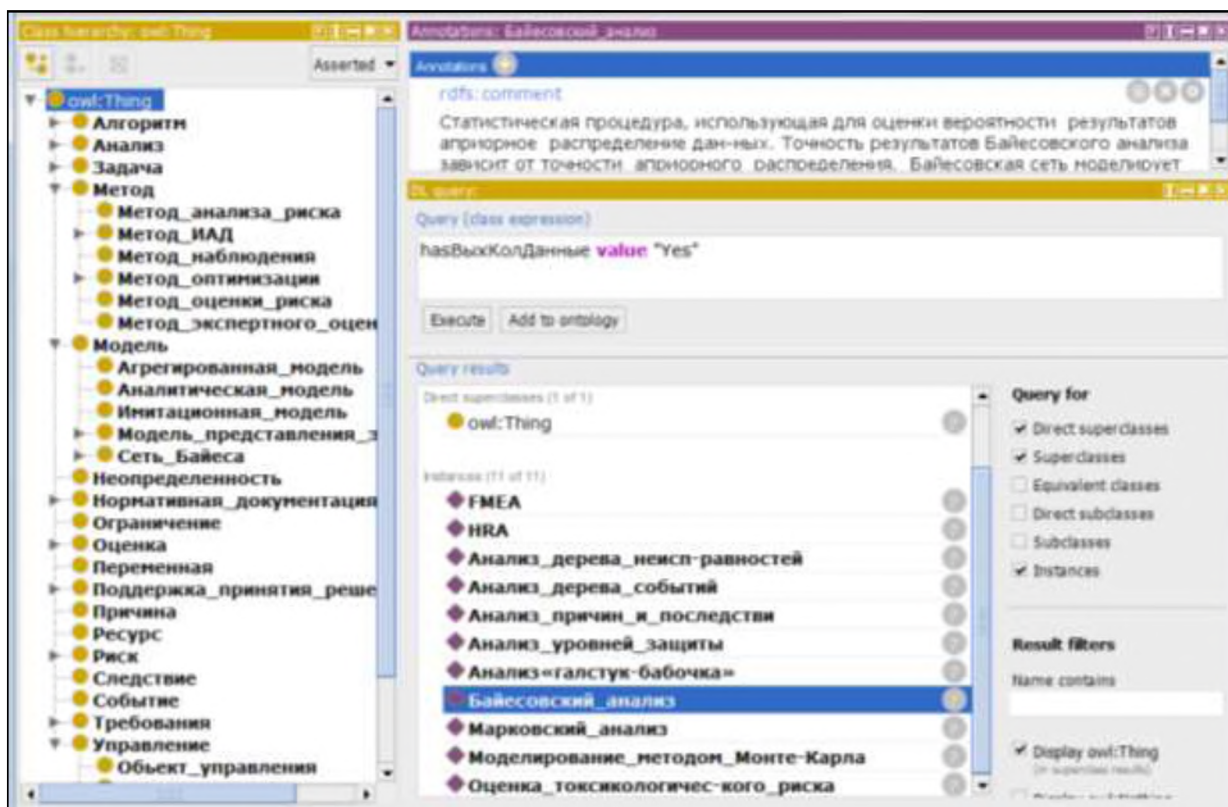


Рис.2. Фрагмент DL Query

В терминологическую иерархию онтологии входят основные термины из области управления рисками, всевозможные методы анализа и оценки рисков, а также алгоритмы их применения (рис. 2). Каждый этап управления рисками характеризуется своим набором методов. При выборе инструментов анализа и оценки рисков необходимо большое внимание уделять специфике предметной области. На каждом из этапов в технологическом процессе выделены основные показатели, на основе которых и применяется тот или иной метод. В связи с этим

основной целью построения онтологической модели является отображение множества методов анализа и оценки рисков на множество ситуаций возникновения риска.

На рисунке 2 представлен фрагмент онтологии Risk, в которой разобран пример использования DL запросов по факторам, влияющим на выбор метода оценки риска; на примере метода рассчитывающего количественную оценку риска: hasВыходДанные value «Yes».

Аналитическая поддержка оценки рисков на основе интегрированной онтологии производственного технологического процесса

### 3. Байесовский анализ и сеть Байеса оценки риска в технологическом процессе.

В пищевой промышленности сотрудники постоянно сталкиваются с ситуацией принятия коллективных решений. например: формирования производственной рецептуры, проработка ассортимента продукции, выбор поставщиков и т.д. Эти решения направлены на предотвращение критических ситуации и крупных убытков предприятия. Данный процесс требует учета большого числа факторов: состояние технического оборудования; знания и опыт персонала; внешние факторы; качество используемых ингредиентов и так далее. В процессе принятия решений используется информация из различных источников и процесс обработки данных должен производиться с учетом особенностей характеристик этой информации.

С помощью запросов к онтологии поддержки принятия решений в технологическом процессе производства хлеба и хлебобулочных изделий было выявлено, что применение Байесовского метода анализа и оценки рисков является наиболее приемлемым. Байесовский метод позволяет использовать результаты наблюдений о событиях с вероятностными показателями возникновения нежелательных ситуаций.

Байесовский анализ отличается от классической статистики предположением, что параметры

распределений являются не постоянными, а случайными переменными [1]. Байесовский метод позволяет использовать результаты наблюдений о событиях с вероятностными показателями. Правила Байеса уточняют первоначальные неопределенности в зависимости от других событий и свидетельств.

Байесовская сеть – это ориентированный граф, в котором каждая вершина помечена количественной вероятностной информацией [7]. Вершинами сети является события с заданными вероятностными характеристиками возникновения. Вершины соединяются попарно ориентированными ребрами; ребра образуют множество ребер. Если стрелка направлена от вершины x к вершине y, то вершина x называется родительской вершиной вершины y. Каждая вершина x характеризуется распределением условных вероятностей  $P(X_i/Parents(X_i))$ , которое количественно оценивает влияние родительских вершин на эту вершину [8].

Распределение условной вероятности в каждом узле Байесовской сети доверия определяется с использованием формулы

$$P(x_1 \dots x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i | parents(X_i)) \quad (1)$$

где  $P(X_i/M_i^*)$  – условная вероятность, вычисляемая в вершине  $X_i$ , \* есть обозначение родительских вершин относительно i-ой рассматриваемой вершины.

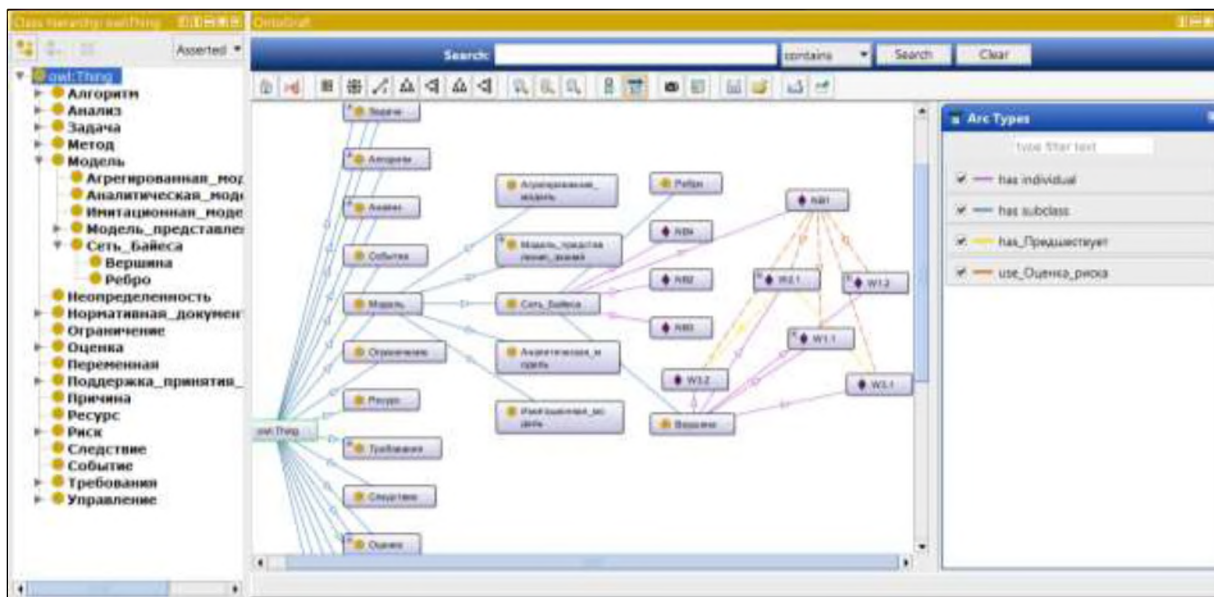


Рис. 3. Пример Байесовской сети

Рассмотрим небольшой пример применения Байесовского метода в процессе производства ржаного хлеба. На рисунке 3 представлен пример Байесовской сети интегрированный в онтологию управления рисками. Вершинами данного графа являются события W1.1-W3.2, которые описывают события использования в производстве мука свежего

помола, дрожжи со слабой подъемной силой, время брожения 350 минут, форма изделия размытое, брак. События для построения графа определялись с помощью метода анализа критических контрольных точек (НАССР). Вероятность наступления каждого события должна быть в диапазоне определена в диапазоне от 0 до 1. Применение правила Байеса



позволит переоценить вероятности наступления неблагоприятного события и принять меры по предотвращению этого события. По мере того, как больше факторов рассчитываются, тем оценка вероятности становится более точной, до тех пор пока не будут точные вероятности возникновения неблагоприятного события.

Для каждого события, которое имеет родителя, вычисляется апостериорная вероятность. Апостериорная вероятность, часто называемая условной вероятностью события, – это вероятность события при некотором заданном основании. [7] Вероятность того, что используя муку свежего помола и дрожжи с низкой подъёмной силой опара поднялась за 350 минуты, что входит в допустимые рамки, мы получили расплывчатую форму изделия, рассчитывается по формуле 1.

$$P(W_{3,2}) = P(W_{1,1}) * P(W_{2,1})P(W_{2,1}|W_{1,1}W_{1,2}) * \\ * P(W_{3,1}|W_{2,1}) = 0.02$$

Построенная Байесовская сеть позволяет рассчитать вероятности получения брака при минимальных объёмах информации, а также при появлении новых данных ее можно дополнить и изменить. На основе полученных данных формируется список рекомендаций по минимизации риска появления бракованной продукции.

#### 4. Заключение

Производство пищевых продуктов процесс непрерывный и требует четкого контроля в области управления рисками. Байесовский метод позволяет легко интерпретировать полученные результаты и легко масштабируется в случае появления нового зависимого события.

Интеграция байесовских сетей доверия в онтологию Risk позволит наладить коммуникацию между сотрудниками, а также готовые графы БС позволят повысить оперативность принятия решений в условиях неопределенности.

#### Благодарности

Работа поддержана грантом РФФИ 16-08-00575 «Интеллектуальные методы многокритериальной диагностики состояний сложных технических систем и технологических процессов».

#### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 31010 - 2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска». – М.: Стандартинформ, 2012.
2. ГОСТ Р 51705.1–2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
3. ГОСТ Р ИСО 22000-2007. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к

организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. М.: Стандартинформ, 2007.

4. ГОСТ 31805-2012. Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012.
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 9.04.2018).
6. Marco Garetti, Luca Fumagalli, Elisa Negri Role of ontologies for cps implementation in manufacturing. Management and Production Engineering Review Volume 6 Number 4 December 2015 pp. 26–32.
7. Черняховская Л.Р., Атнабаева А.Р., Арямова С.С. Онтологическая модель менеджмента качества и анализа рисков. В сборнике: Information Technologies for Intelligent Decision Making Support ITIDS2015. Proceedings of the 3rd International Conference. General Chair Woman: Yusupova Nafisa. 2015. С. 21-25.
8. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии методы решения сложных проблем, 4-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.: ил.
9. Поддержка принятия решений при стратегическом управлении предприятием на основе инженерии знаний./ Под ред. Л.Р. Черняховской. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2010. – 128