

УДК 004.05

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

© 2019 А.Р. Атнабаева, З.Н. Вагапова

Институт социально-экономических исследований - обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

Статья поступила в редакцию 10.10.2019

Статья посвящена разработке теоретических положений и практических рекомендаций по формированию и использованию человеческих знаний в процессе управления рисками в пищевой промышленности. В качестве предметной области, на которой иллюстрируются эти положения, рассматривается хлебобулочное производство. Повышение эффективности использования человеческого капитала в процессе производства пищевых продуктов реализуется на основе управления корпоративными знаниями, которые аккумулирует и представляет пользователям информационно-аналитическая система поддержки принятия решений. Для этого разработаны объектные модели процесса поддержки принятия решений в управлении качеством производства хлеба и хлебобулочных изделий. Разработана интегрированная онтологическая модель поддержки принятия решений управления рисками на хлебобулочном предприятии, в основе которой заложены знания экспертов, опыт предыдущих периодов, а также информация из технической документации и стандартов. В онтологическом редакторе Protege 5.2 сформированы запросы в виде правил, отражающие причинно-следственные отношения между определенными классами событий, являющихся причинами возникновения проблемных ситуаций. Разработанная система поддержки принятия решений предполагает сопровождение процесса производства на всех критических точках возникновения вероятности наступления риска, что позволит повысить точность принимаемых решений и наладить коммуникацию между работниками.

Ключевые слова: человеческий капитал, поддержка принятия решений, управление риском, онтология, база знаний.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания
№ 007-00256-18-01 ИСЭИ УФИЦ РАН на 2019 г.*

ВВЕДЕНИЕ

Процессы глобализации и внедрения цифровых технологий привели к смене тенденций развития мировой экономики в целом. Происходит её эволюция от традиционной экономики, основанной на материальных активах, к экономике знаний. С учетом этого обстоятельства более успешными становятся предприятия с высоким и устойчивым интеллектуальным капиталом [1]. Характерным отличием такой экономики является накопление знаний, путем внедрения технологий поиска, обработки и хранения информации. Основными источниками и носителями знаний на предприятии являются люди. Отдельный работник выступает носителем профессиональных навыков и интеллектуальных способностей, культурных и моральных ценностей, мыслительных и творческих способностей [2]. Для поддержания конкурентных позиций и формирования эффективного управления производством необходимо внедрение и

использование технологий управления этими знаниями. В контексте хлебобулочной промышленности работники принимают решение в условиях неопределенности, и эффективность решений влияет на качество готовой продукции.

Исследования показывают, что человеческий капитал и качество выпускаемой продукции имеют прямую взаимосвязь, так как более эффективный труд позволяет производить товары более высокого качества [3]. Проблема повышения качества производства пищевой продукции в России, в том числе хлеба и хлебобулочных изделий, является весьма важной и актуальной. Хлеб - основной продукт питания в России. На основании постановления Правительства РФ от 15 июля 2010 г. № 530 хлеб включен в перечень социально значимых продовольственных товаров первой необходимости. На настоящее время качество продукции контролируется российскими и международными стандартами качества сырья и готовой продукции.

За последние 5 лет на рынке увеличилась численность предприятий, которые занимаются производством хлебобулочной продукции. На сегодня в России зарегистрировано около 15000 хлебозаводов и свыше 5000 мелких предприя-

Атнабаева Алсу Расилевна, научный сотрудник.

E-mail: alsou@mail.ru

Вагапова Зиля Нурмухаметовна, младший научный сотрудник. E-mail: zilya_95@mail.ru

тий. Однако, начиная с 2000 года, производство хлеба и хлебобулочных изделий показывает отрицательную динамику. Если в 2000 году было произведено 25,7 млн. тонн хлеба, то уже в 2017 объем производства снизился, и составляет всего 12,88 млн. тонн [4]. Не в последнюю очередь это связано с изменением предпочтений покупателей, имея в виду правильное питание и замену хлеба овощами и фруктами. Однако, в значительной степени такой тренд обусловлен низким качеством хлебобулочных изделий.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Изложенные выше факторы предопределяют потребность в научных исследованиях и методологических разработках, которые позволят сформировать новые подходы и модели и предложить на их основе эффективные методы и алгоритмы управления качеством хлебобулочных изделий. Конечной целью таких исследований должно стать высокое качество и безопасность пищевых продуктов в замкнутой цепи технологического процесса. В связи с этим возникает потребность внедрения в организации инструмента, направленного на эффективное использование человеческого капитала. Для осуществления контроля и принятия правильных, эффективных и оперативных решений необходимо создание информационно-аналитического обеспечения, основой которого рассматривается система поддержки принятия решений (СППР), основанная на знаниях. С использованием такой системы должны производиться

сбор и обработка знаний экспертов. На основе результатов такой обработки формируются рекомендации лицам, принимающим решения (ЛПР) в удобном и понятном виде. Реализация поставленной задачи с применением онтологического инжиниринга является отличительной особенностью по сравнению с другими исследованиями в данной области [5].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

«Технологический процесс - это упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата» [6]. В хлебопекарной промышленности особое внимание уделяется качеству продукции, безопасному использованию улучшителей, а также оптимальному выбору сырья, сокращению потерь и ошибок персонала на всех этапах технологического процесса. На рисунке 1 представлена схема взаимодействия СППР и работников при принятия решений.

Первым этапом взаимодействия производственного процесса и СППР является выявление проблемной ситуации. Оно осуществляется путем сопоставления полученных показателей качества хлебобулочных изделий (физико-химические, органолептические) с требованиями государственных стандартов, а также с предпочтениями покупателей. Эти предпочтения формируются в результате обработки текстовых комментариев и ответов, полученных с применением Google-форм онлайн – опросов, и содер-

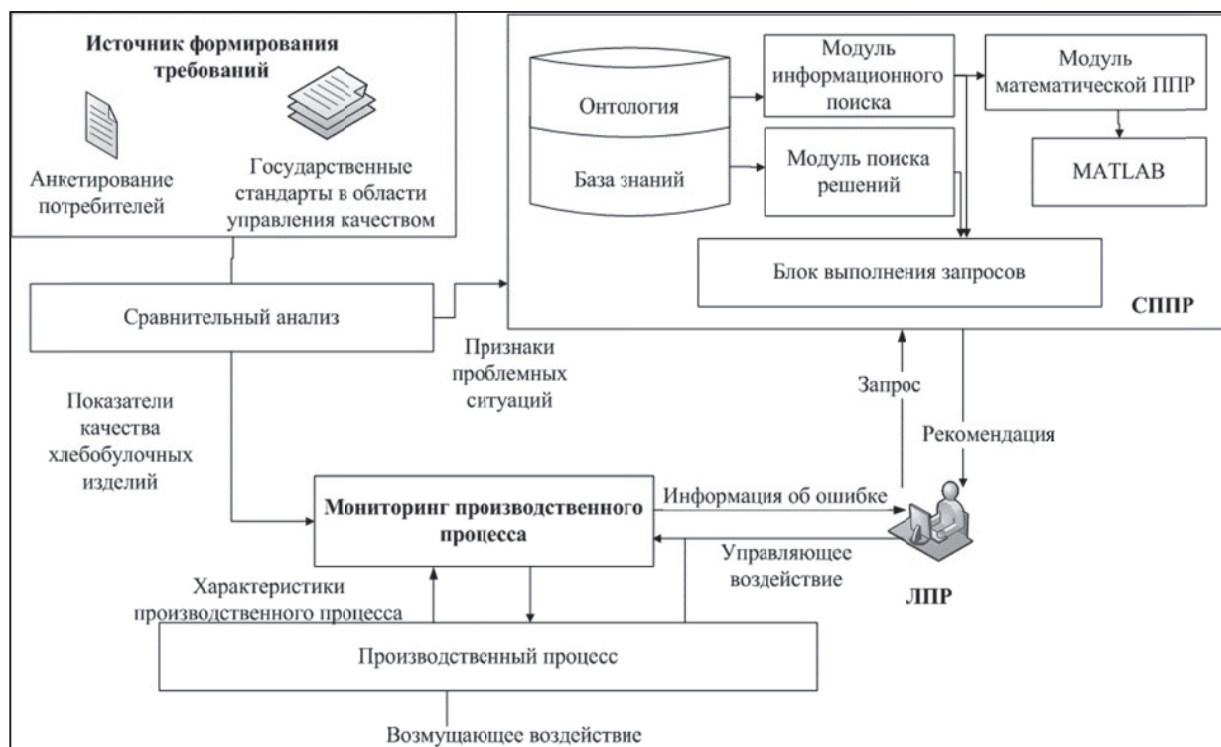


Рис. 1. Схема управления качеством хлебобулочных изделий

жит неявную информацию о степени удовлетворенности покупателей готовой продукцией. Проблемные ситуации, в свою очередь, являются причиной возникновения производственных рисков неблагоприятных ситуаций. Система подготовки принятия решений представляет собой базу знаний по предметной области и базу правил, с помощью которых формируются запрос к онтологии. Для выявленных признаков ПС производится поиск решений и уровень угрозы для предприятия. В случае успешного поиска ЛПР применяет решение и оценивает эффективность полученных результатов. В случае, если решение в системе не найдено, привлекается эксперт, который принимает новое решение, и данные заносятся в СППР как новый прецедент. Все эти операции информационно-аналитической поддержки принятия решений реализуются модулями информационного поиска и поиска решений с применением онтологии и базы знаний. Информационный поиск осуществляется при выполнении логических запросов к онтологии, а поиск решений осуществляется с помощью базы знаний, встроенной в онтологию, с применением правил. Накопление человеческого капитала в виде знаний и базы правил в онтологии позволяет решить проблему сохранения знаний на предприятии и оперативного поиска готового решения и самообучения системы в перспективе.

Вторым этапом контроля качества является анализ и оценка производственных рисков. Анализ технологического процесса на пищевых производствах происходит с применением метода ХАССП (анализ опасностей и контрольных критических точек) [7-11]. Для этого на каждом этапе производственного процесса выделяются критические точки возникновения неблагоприятного события и опасности, к которым они могут привести. Результаты приведены в статье [12]

Принятие решений при возникновении неблагоприятного события в критической точке лежит на работниках организации, а эффективность этих решений зависит от их квалификации и стрессоустойчивости. В условиях тяжелого производства на предприятиях характерна текучка персонала, в связи с чем формирование единой системы накопления знаний, которая позволит сократить время принятия решений и повысит их эффективность, позволит создать устойчивую систему управления на производстве.

Для структурирования знаний сотрудников и контроля их действий предполагается реализация следующих действий:

- 1) проанализировать процесс управления риском технологического процесса и построить модели на основе объектно-ориентированного подхода (Object-Oriented Analysis and Design);
- 2) интегрировать объектные модели в онтологию в виде семантической сети объектов - клас-

сов, на языке Web Ontology Language (OWL DL);

- 3) сформировать запросы поиска прецедентов для аналитической поддержки принятия решений, участвующих в процессе управления рисками и технологического процесса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования была разработана объектно-ориентированная модель управления знаниями в процессе управления рисками технологического процесса производства пищевых продуктов. На рисунке 2 представлена модель компонентов СППР. Ключевыми элементами АСППР выступают 4 программных продукта. Это онтологический редактор, который структурирует, хранит и обрабатывает знания экспертов (человеческий капитал). Enterprise Architect - позволяет объектно представлять процесс управления рисками [13]. Matlab - позволяет реализовывать математические модели поддержки принятия решений (оценка рисков). А также программное обеспечение, которое позволяет создать единое пространство для взаимодействия со всеми компонентами СППР.

Для детального описания последовательности действий на каждом из этапов управления рисками была разработана диаграмма деятельности, в которой отображаются экземпляры объектов и сообщения, которыми они обмениваются в рамках конкретного варианта использования. После того, как пользователь формирует запрос к системе посредством пользовательского интерфейса, происходит активизация работы СППР, поиск решения в которой имеет определенную последовательность. В диаграмму взаимодействия участников управления рисками и технологического процесса с системой поддержки принятия решений, входят: модуль поиска прецедентов (позволяющий осуществлять поиск методов анализа и оценки рисков и прецедентов), база знаний (гибридная онтология), модуль поиска модели Байесовской сети доверия (представлена в онтологии в виде фреймов), а также модуль оценки рисков. Данная диаграмма позволяет описать всех участников процесса управления рисками, а также отобразить временные промежутки, затрачиваемые сотрудниками или системой на выполнение того или иного действия.

По результатам объектного моделирования были построены онтологии трех областей знаний: онтология производства хлебобулочных изделий, онтология управления рисками и онтология управления качеством в онтологическом редакторе *Protégé* [14-16]. Редактор позволяет создавать и объединять онтологии смежных областей с сохранением стилистической логики терминов, а также позволяет устранять противоречивые синонимы (рис. 3).

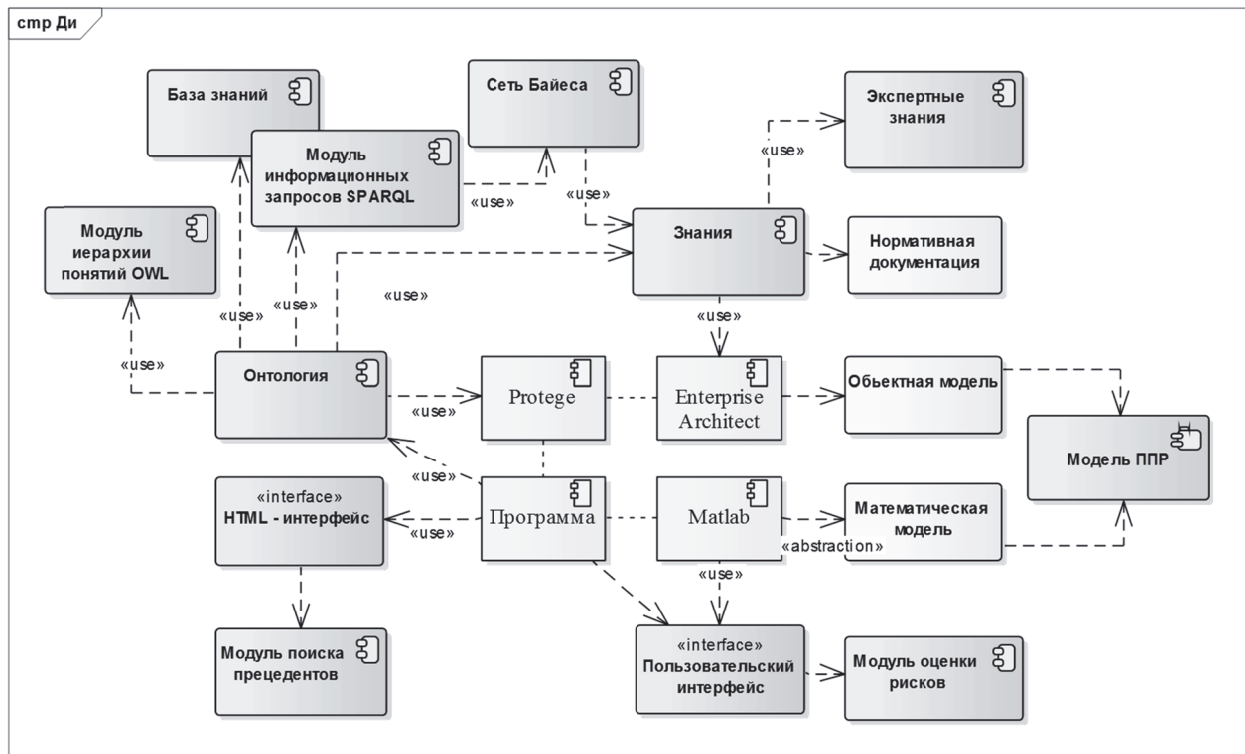


Рис. 2. Диаграмма компонентов АСПР

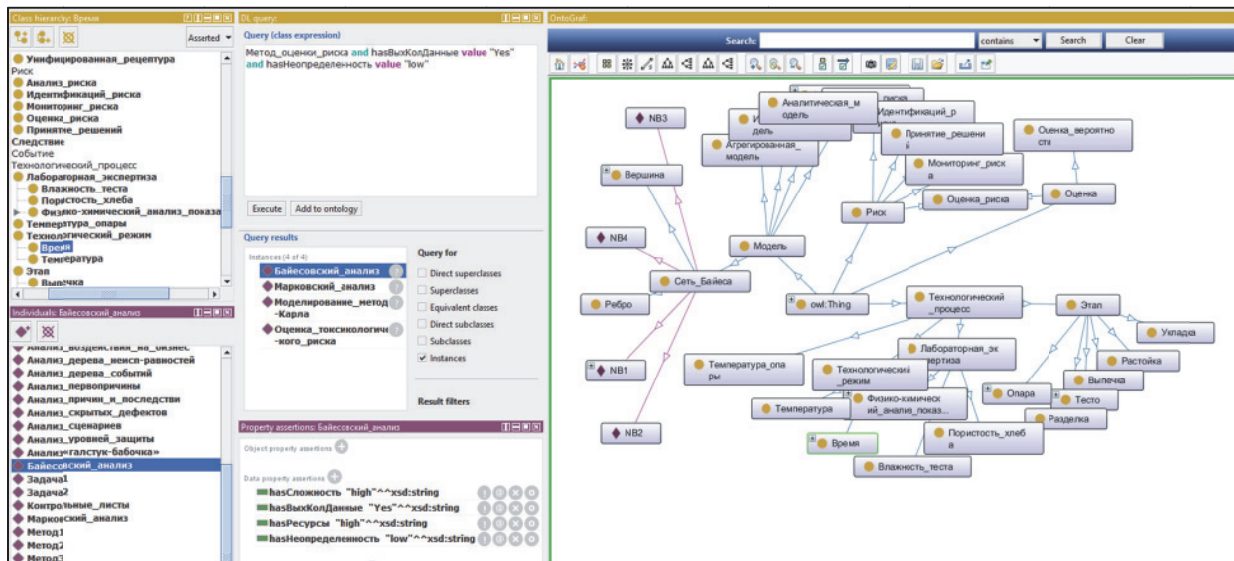


Рис. 3. Семантическая сеть интегрированной онтологии (фрагмент)

Разработанные модели представляют собой знания о предметной области, управлении качеством и управлении рисками. Интегрирование этих знаний в единую онтологию позволит сохранить иерархию понятий и правила взаимодействия между ними. Сам по себе онтологический подход к разработке баз знаний имеет целый ряд преимуществ, которые оправдывают его применение в среде с большими объемами информации и возможностью оперативного извлечения ее частей без дополнительных усилий: сбор теоретических знаний, их представление в виде семантической сети понятий

и отношений между понятиями, а также повышение эффективности информационного поиска на основе структуризации и классификации хранимых знаний [17]. Онтология решает задачу совместного и повторного использования знаний различными пользователями и компьютерными программами. Таким образом, разработка онтологии позволит повысить качество принимаемых коллективных решений.

Наряду с созданием классов и связей между ними, как иерархических, так и пользовательских, в онтологии были разработаны правила. Полученные правила записаны на языке форма-

Таблица 1. Правила поддержки принятия решений

№ правила	Содержание правила
<i>Rule-1</i>	Подготовка сырья(?x),hasЗагрязняющее_вещество(?x,?z) >Недопустимый риск(?x)
<i>Rule-2</i>	Действие (?z), Подготовка сырья(?x),hasОпасный_фактор(?z, ?x) ->doУстранение_опасного_фактора(?y,?z)
....	...
<i>Rule-19</i>	Недоступный риск(?a), doУстранение_опасного_фактора(?a,?b), -> Критическая_контрольная_точка(?b)

лизации онтологических правил SWRL [18-20]. Разработанные правила представляют собой логические условия, которые позволяют пользователю осуществить быстрый поиск типовых прецедентов, решений к ним и результатов, к которым они могут привести в случае бездействия. Примеры правил, разработанных в онтологии поддержки принятия решений, приведены в таблице 1.

Правила, сформулированные в онтологии, выражают причинно-следственные отношения между определенными классами событий, являющихся причинами возникновения проблемных ситуаций, решениями, принимаемыми ЛПР, проблемными ситуациями и действиями, выполняемыми для разрешения проблемных ситуаций.

ВЫВОДЫ

На основе представленной концепции информационно-аналитической поддержки принятия решений была разработана структура СППР. Разработанная система предназначена для внедрения в производство и сопровождения его на всех этапах технологического процесса. Разработана объектная модель процесса производства хлебобулочных изделий, которая может использоваться для получения знаний экспертов в рассматриваемой предметной области. Интегрированная онтология поддержки принятия решений позволяет хранить и обрабатывать знания экспертов, а также обеспечивает возможность информационного поиска в онтологии. Разработанная СППР позволяет принимать решения по управлению качеством на основе признаков проблемных ситуаций и правил принятия решений, содержащихся в базе знаний, что обеспечивает повышение эффективности использования человеческого капитала в производственном процессе.

В дальнейшем полученные результаты будут использованы в агент-ориентированном моделировании, для оценки его эффективности. В качестве агентов будут выступать эксперты, лица, принимающие решения, СППР и сам технологический процесс. Оценка эффективности

будет проводиться по количеству решений, принятых благодаря СППР, и времени, затрачиваемого на весь процесс принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ворожбит О.Ю., Даниловских Т.Е., Кузьмичева И.А., Уксуменко А.А.* Человеческий капитал организации в разрезе стоимости бизнеса: монография. Владивосток: ВГУЭС, 2017. 129 с.
2. *Семенова Ю.Е., Смирнова О.А.* Человеческий капитал и его роль на предприятии природопользования. // Электронный журнал «Инновационная наука». 2017. №2-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chelovecheskiy-kapital-i-ego-rol-na-predpriyatii-prirodopolzovaniya> (дата обращения: 03.08.2019).
3. *Nancy L. Stokey* Human Capital, Product Quality, and Growth. // *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, 2 (1991): 587-616. DOI :10.2307/2937948
4. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://bashstat.gks.ru> (Дата обращения: 20.11.2018).
5. *Носкова К.А.* Методы управления человеческим капиталом // Электронный журнал «Гуманитарные научные исследования». 2013. № 9. URL: <http://human.snauka.ru/2013/09/3857> (дата обращения: 26.03.2019).
6. *Зверева Л.Ф., Немцова З.С., Волкова Н.П.* Технология и техно-химический контроль хлебо-пекарного производства - 3-е изд. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 416 с.
7. ГОСТ Р 51705,1-2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП, 10 с.
8. ГОСТ Р ИСО 31010 - 2011 «Управление рисками. Методы оценки риска. - М.: Стандартиформ, 2012. 74 с.
9. OST R 51705.1 -2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов НАССР. Общие требования. - М.: Издательство стандартов, 2001. - 10 с.
10. ГОСТ Р ИСО 22000-2007. Системы управления безопасностью пищевых продуктов. Требования к организациям, участвующим в цепочке создания продуктов питания. М.: Стандартиформ, 2007.
11. ГОСТ 31805-2012. Хлебобулочные изделия из пшеничной муки. Общие технические условия. -М.: Стандартиформ, 2012.
12. *Chernyakhovskaya L.R., Atnabaeva A.R.* Modelling, Analysis and Risk Assessment in the Technology Process Control // *Proceedings of the 7th Scientific*

- Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2019). DOI: <https://doi.org/10.2991/itids-19.2019.23>
13. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML: Руководство пользователя. Пер. с англ. М.: ДМК, 2000. 432 с.
 14. Атнабаева А.Р. Объектное и онтологическое моделирование управления рисками в сложном технологическом процессе // Материалы всероссийской молодежной Научной школы «Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах». 2017, Часть 1, С. 54-57.
 15. Черняховская Л.Р. Поддержка принятия решений при стратегическом управлении предприятием на основе инженерии знаний. Уфа: Гилем, 2010. 128 с.
 16. Черняховская Л.Р., Никулина Н.О., Ширяев О.В. Интеллектуальное управление сложными деловыми процессами на основе онтологических баз знаний: Учебное пособие. Уфа: РИК УГАТУ, 2018. 192 с.
 17. Черняховская Л. Р., Малахова А.И. Разработка моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе онтологии организационного управления программными проектами // Онтология проектирования. 2013. Т. 10. №4. С. 42-52.
 18. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии решения сложных проблем, 4-е изд., Пер. с англ. М.: Издательство «Уильямс», 2003. 864 с.
 19. Марко Гаретти, Лука Фумагалли, Элиза Негри. Роль онтологий для внедрения CPS в производство // Обзор управления и технологии производства. 2015. Т. 6. № 4. С. 26 -32.
 20. OWL Web Ontology Language Guide. URL: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/> (дата обращения: 20.08.2018)

ANALYTICAL SUPPORT FOR DECISION MAKING IN RISK MANAGEMENT AS A TOOL FOR EFFECTIVE USE OF HUMAN KNOWLEDGE

© 2019 A.R. Atnabaeva, Z.N. Vagapova

Institute of Social and Economic Researches,
Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

The article is devoted to the development of theoretical principles and practical recommendations on the formation and use of human knowledge in the process of risk management in the food industry. As a subject area on which these provisions are illustrated, bakery production is considered. Improving the efficiency of the use of human capital in the food production process is implemented on the basis of corporate knowledge management, which is accumulated and presented to users by an information-analytical decision support system. For this, object models of the decision-making support process in managing the quality of production of bread and bakery products have been developed. An integrated ontological model for supporting risk management decision-making at the bakery has been developed, which is based on the knowledge of experts, experience of previous periods, as well as information from technical documentation and standards. In the Protege 5.2 ontology editor, requests are generated in the form of rules that reflect causal relationships between certain classes of events that are the cause of problem situations. The developed decision support system involves supporting the production process at all critical points of occurrence of the probability of a risk, which will improve the accuracy of decisions and establish communication between employees.

Keywords: human capital, decision support, risk management, ontology, knowledge base.