Оригинальная статья/Original article

УДК 004.9:004.4:658.5:637.52

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-106-113

Искусственный интеллект в технологической системе производства колбас заданного качества

Валерий И. Карпов [1] vikarp@mail.ru
Ольга Н. Красуля [2] okrasulya@mail.ru
Алексей В. Токарев [1] av.tokarev@bk.ru

[1] Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной Вал, 73, Москва, 109004, Россия
[2] Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

Реферат. В статье рассматривается экспертная система (ЭС) как подсистема информационно-управляющей системы технологией колбасных изделий заданного качества. Приведена типовая структура автоматизированной экспертной системы, модернизированная под набор взаимосвязанных операций технологического процесса производства вареных колбас. Рассмотрена разработка двух основных блоков этой экспертной системы – база данных и база знаний, создающие информационное пространство. Работа ЭС представляется последовательностью шагов, на каждом из которых из базы знаний выбирается некоторое правило, которое применяется к текущему содержимому рабочего множества. Цикл заканчивается, когда выведено либо опровергнуто целевое утверждение. В нашем случае система спроектирована как система с прямым выводом, в которой по известным фактам отыскивается заключение, которое из этих фактов следует. Если такое заключение удается найти, то оно заносится в рабочую память. База знаний экспертной системы создана как набор отдельных сущностей. Набор этих сущностей позволяет формировать объекты исследования, правила, которым они могут соответствовать, и рекомендации при удовлетворении этим правилам. Набор таких сущностей с их атрибутами и связями может быть представлен в виде множества кортежей. Для реализации рассмотренного подхода разработана автоматизированная экспертная система управления технологическим процессом производства мясных и колбасных изделий – программный комплекс (ПК) «МультиМит Эксперт». Эффективность использования разработанной экспертной системы для управления технологией колбасных изделий заданного качества рассмотрена на одном из примеров определения технологических дефектов в рецептуре вареных сосисок «Столичные», содержащая большое количество жирного сырья. Результаты исследования в целом показали, что рекомендации разработанной экспертной системы, позволяют улучшить качество готового к употреблению мясного продукта, увеличить коэффициент водоудержания, характеризующий влагоудерживающую способности фарша, что способствует повышению выхода готового продукта, а также повысить рентабельность продукции.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертная система, оптимизация рецептуры мясопродукта, коэффициент водоудержания фарша, оптимизация управляющих воздействий, порок автолиза, эмульгатор, база данных, база знаний, технология вареных колбас

Artificial intelligence in a technological production system of the set quality

Valerii I. Karpov [1] vikarp@mail.ru
Olga N. Krasulya [2] okrasulya@mail.ru
Aleksei V. Tokarev [1] av.tokarev@bk.ru

[1] Moscow state university of technologies and management named after K.G. Razumovskiy, Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia
[2] Russian state agricultural university of MSHA of K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia

Summary.This article considers the expert system (ES) as a subsystem of management information system technology of sausage products of a given quality. Given the typical structure of an automated expert system, upgraded under a set of interrelated operations of the technological process of production of cooked sausages. Describes the development of two main blocks of this expert system – a database and knowledge base, creating an information space. The work of ES is a sequence of steps, each of which is selected from the database for a rule that applies to the current contents of the working set. The cycle ends when withdrawn or denied the target claim. In our case, the system is designed as a system with direct output, in which the known facts is found the conclusion which from these facts follows. If such a conclusion is found, it is entered into working memory. The knowledge base of an expert system is created as a set of separate entities. The set of these entities allows you to generate objects of study, rules that they can conform, and recommendations for meeting these rules. A set of such entities with their attributes and relationships can be represented as a set of tuples. For the implementation of this approach developed an automated expert system of control of technological process of production of meat and sausage products – the program complex (PC) "Multi-Meat Expert". The effectiveness of using the developed expert system to control the technology of sausage products of a given quality are considered in one of the examples of the identification of technology defects in the formulation of cooked sausages "Capital", containing large amounts of fatty raw materials. The results of the study generally showed that the rec-ommendations developed by the expert system, improve the quality of ready-to-eat meat product, increase the efficiency of woodengine characterizing water-holding capacity of meat, thereby increasing product yield and increase product profitability.

Keywords:artificial intelligence, expert system, optimization of the meat product formulations, water retention ratio of minced meat, optimization of operating influences, vice autolysis, emulsifier, database, knowledge base, technology of cooked sausages

Для цитирования
Карпов В.И., Красуля О.Н., Токарев А.В.Искусственный интеллект в технологической системе производства колбас заданного качества // Вестник ВГУИТ.2017. Т. 79. № 1. С. 106–113. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-106-113

For citation
Karpov V.I., Krasulia O.N., Tokarev A.V.Artificial intelligence in a technological production system of the set quality. *VestnikVGUIT*[ProceedingsofVSUET].2017. Vol. 79. no. 1. pp. 106–113. (inRussian). doi:10.20914/2310-1202-2017-1-106-113

Постановка проблемы

База сырья пищевой промышленности насчитывает огромное количество ингредиентов, каждый из которых имеет свои особенности и при этом они мало изучены. Поэтому технологу предприятия достаточно трудно принимать объективные управленческие решения в режиме реального времени. Использование современных информационных технологий позволяет оперативно реагировать на изменение свойств и видов сырьевых ингредиентов, потребительских предпочтений и создавать продукты с заранее заданным составом, функциональной направленностью и пищевой ценностью. В результате, математическое моделирование и системы поддержки принятия решений становится для технолога одним из важнейших инструментов решения задач по оптимизации комплекса свойств пищевого продукта (физико-химических, органолептических и др.) по заданным критериям и ограничениям на каждом технологическом этапе его разработки [1–3]. В настоящей статье рассматривается разработка и реализация одного из элементов системы поддержки принятия решений – подсистемы искусственного интеллекта (экспертная подсистема), встроенной в общую систему управления технологической системой производства колбас.

Анализ последних исследований и выделение нерешенных проблем

На основе анализа возможных структур автоматизированной экспертной системы [4–6], предложим типовую структуру экспертной системы для нашего объекта исследований, представленную на рисунке Рисунок1.

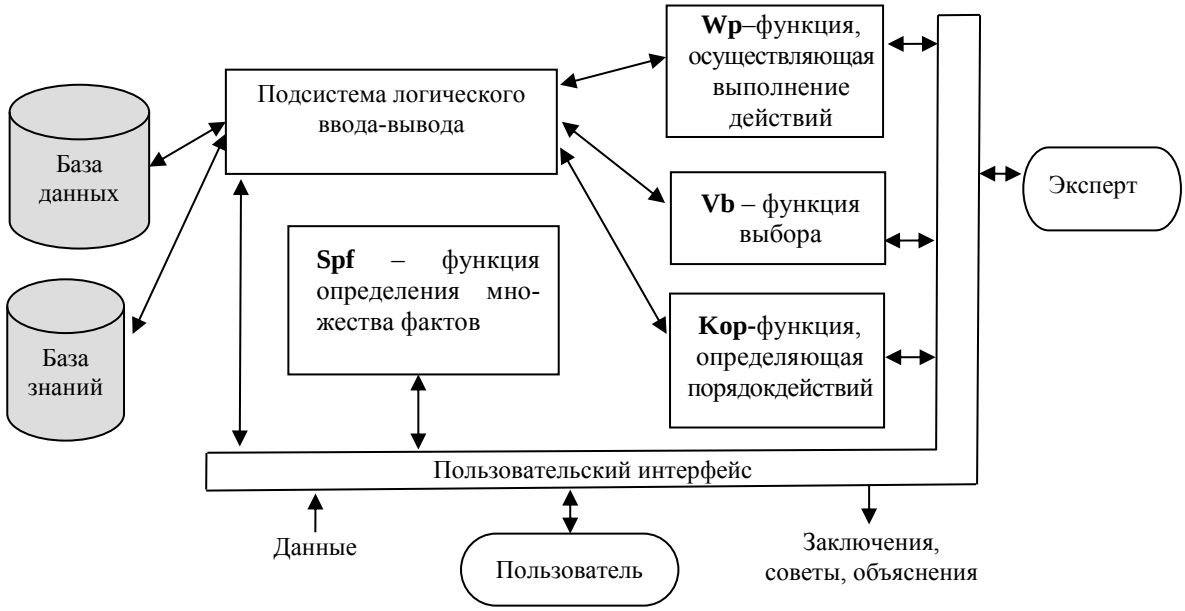

Рисунок1. Типовая структура экспертной системы
Figure1. Typical structure of an expert system

Использование методов математического программирования в производственных условиях позволяет значительно сузить поиск решений, и, тем самым, создать своеобразный «фильтр» для выбора оптимальной рецептуры. Однако, проблема заключается в том, что в этом случае не учитываются возможные нелинейные ограничения, накладываемые на качественные характеристики, или возможный нелинейный критерий. Это может привести к тому, что формально оптимальная рецептура будет не адекватна потребительским требованиям. Для решения вышеназванной проблемы в системе управления технологическим процессом является автоматизированная экспертная система, необходимость разработки которой обусловлена невозможностью в настоящее время создания математических моделей, позволяющих, в производственных условиях, рассчитать все показатели качества готовой продукции в условиях нестабильности качества используемого сырья [6].

База знаний экспертной системы, участвующая, в процедуре разработки оптимальной рецептуры, проектируется отдельным модулем и представляет собой набор отдельных сущностей в базе знаний. Эти сущности отражают знания предметной области (производство колбасных изделий) и накопленный производственный опыт технологов по устранению технологических дефектов в условиях нестабильности качества используемого сырья. В настоящее время такие экспертные системы для производства колбас еще недостаточно разработаны.

Целью настоящей статьи является описание методов разработки и использования автоматизированной экспертной системы, в автоматизированной системе управления технологией производства вареных колбас, представление некоторых результатов внедрения такой системы на предприятиях России и Казкхстана.

Разработка информационного пространства базы знаний

Два основных блока системы создают информационное пространство:

- **База данных (рабочая память)** хранит исходные и промежуточные данные для решения текущей задачи. Рабочая память размещается в оперативной памяти компьютера. В ней хранятся факты, отражающие текущее состояние предметной области. Для каждого факта задается коэффициент уверенности в его истинности.
- **База знаний** хранит долгосрочные факты, описывающие рассматриваемую область, правила, описывающие отношения между этими фактами и другими типами декларативных знаний о предметной области. Кроме того, в базе знаний хранится множество функций и процедур, реализующих требуемые алгоритмы.

В нашем случае, при сохранении типовой структуры экспертной системы, оригинальность разрабатываемой специализированной системы заключается, прежде всего, в составе хранимых и пополняемых знаний.

Наиболее распространенный способ представления знаний – в виде конкретных *фактов и правил* [4–5], по которым из имеющихся фактов могут быть получены новые. Каждый факт F представляется в виде тройки:

F = <АТРИБУТ, ОБЪЕКТ, ЗНАЧЕНИЕ>.

Например, F = <ТЕРМОПОТЕРИ, СИНЮГА, 14%> представляет факт: *«процент испарения влаги при термообработке (варке) фарша вареной колбасы через натуральную оболочку, обозначенную СИНЮГА, равен 14%»*.

В более простых случаях факт выражается неконкретным значением атрибута, а каким-либо простым утверждением, которое может быть истинным или ложным, например: *«pH фарша вареной колбасы меньше 6»*.

В таких случаях факт можно обозначить каким–либо кратким именем (например, pH) или использовать для представления факта сам текст соответствующей фразы.

Правила в базе знаний имеют вид импликации:

$$P = A \Rightarrow S,$$

где A – условие; S – действие. Действие S исполняется, если A истинно. Наиболее часто действие S представляет собой утверждение, которое может быть выведено системой, если истинно условие правила A.

Правила в базе знаний служат для представления эвристических знаний (эвристик), вырабатываемых экспертом на основе опыта его деятельности.

Пусть A = «pH фарша вареной колбасы меньше 6», B =«в вареной колбасе будет бульонно-жировой отек». Тогда, правило P = A ⇒ B означает: «Если pH фарша вареной колбасы меньше 6, то в вареной колбасе будет бульонно-жировой отек».

В качестве условия A может выступать либо факт (как в данном примере), либо несколько фактов A(1)…, A(N), соединенные логической операцией и (конъюнкцией):

$$P = \prod_{i=1}^{N} A(\mathrm{i}) => B$$

где $\prod$ – оператор вычисления логического произведения (конъюнкции) элементов A(i).

Действия, входящие в состав правил, могут содержать новые факты. При применении таких правил эти факты становятся известны системе, т. е. включаются в множество фактов, которое называется рабочим множеством.

Пусть:

- A(1) = «pH фарша вареной колбасы меньше 6»,
- A(2) = «коэффициент водоудержания фарша меньше нуля»,
- A(3) = «в вареной колбасе будет бульонно-жировой отек»,
- RA = A(1) ∪ A(2). RA – рабочее множество.

Тогда, если установлено, что P = A(1) ⇒ A(3), то тогда: RA = RA ∪ A(3)

То есть, после применения правила P в рабочее множество RA включается факт «в вареной колбасе будет бульонно-жировой отек».

Цель ЭС – *вывести* некоторый заданный факт, который называется *целевым утверждением* (то есть в результате применения правил добиться того, чтобы этот факт был включен в рабочее множество), либо *опровергнуть* этот факт (то есть убедиться, что его вывести невозможно, следовательно, при данном уровне знаний системы он является ложным).

Работа ЭС представляется последовательностью шагов, на каждом из которых из базы выбирается некоторое правило, которое применяется к текущему содержимому рабочего множества. Цикл заканчивается, когда выведено либо опровергнуто целевое утверждение. Цикл работы экспертной системы иначе называется *логическим выводом*. Логический вывод может происходить многими способами, из которых наиболее распространенные – *прямой порядок вывода* и *обратный порядок вывода* [4–6].

В нашем случае будем проектировать систему с прямым выводом, в которой по известным фактам отыскивается заключение, которое из этих фактов следует. Если такое заключение удается найти, то оно заносится в рабочую память. Прямой вывод часто называют выводом, управляемым данными, или выводом, управляемым антецедентами.

Базу знаний экспертной системы будем создавать как набор отдельных сущностей. Набор этих сущностей должен позволять формировать объекты исследования, правила, которым они могут соответствовать, и рекомендации при удовлетворении этим правилам. Набор таких сущностей с их атрибутами и связями может быть представлен в виде множества кортежей.

Пусть OI – множество объектов исследований, заданных в виде кортежей:

$$OI = E\ \{\mathbf{oi}(j)\}\ j = 1..OIN,$$

где **oi**(j) =< oi(j, i) > i = 1..4, oi(j, 1) – код объекта, *// например, «5»;* oi(j, 2) – наименование объекта, *// например, «определение БЖО»;* oi(j, 3) – описание. *// например, «Определение бульоно-жирового отека»;*

P – множество правил, заданных в виде кортежей:

$$P = E\ \{p(j)\}\ j = 1..PN$$

где p(j) = <p(j, i)>, i = 1..5; p(j, 1) = код правила, *// например, «8»;* p(j, 2) = наименование правила, *// например, «правило БЖО»;* p(j, 3) = дата создания, *// например, «26.03.2017»;* p(j, 4) = правило, *// например, «pH < 6 ^ Kh < 0», где pH – показатель активной кислотности, Kh – коэффициент водоудержания;* p(j, 5) = описание. *// например, «правило бульоно-жирового отека»;*

POI – множество правил объектов исследований, заданных в виде кортежей:

$$POI = E\ \{\mathbf{poi}(j)\}j = 1..POIN$$

где **poi**(j) = <poi(j, i)>, i = 1..3; poi(j, 1) = код правила объекта, *// например, «2»;* poi(j, 2) = код объекта, *// например, «5»;* poi(j, 3) = код правила. *// например, «8»;* R – множество рекомендаций, заданных в виде кортежей:

$$R = E\ \{r(j)\}j = 1..POIN$$

где r(j) = <r(j, i)>, i = 1..4; r(j, 1) = код рекомендации, *// например, «6»;* r(j, 2) = влияние на продукт (r(j, 2) = 1, если влияние на продукт положительно, r(j, 2) = 0 в противном случае, *// например, «1»;* r(j, 3) = рекомендация, *// например, «В фарше вареной колбасы необходимо уменьшить количество воды и использовать "адаптивные" добавки»;* r(j, 4) = описание. *// например, «Рекомендация к правилу БЖО»;*

ROI – множество рекомендаций объекту исследований, заданных в виде кортежей:

$$ROI = E\ \{\mathbf{roj}(j)\}\ j = 1..POIN$$

где **roi**(j) = <roi(j, i)>, i = 1..5; roi(j, 1) = код рекомендации объекта исследований, *// например, «9»;* roi(j, 2) = код правила, *// например, «8»;* roi(j, 3) = код рекомендации, если правило истинно, *// например, «2» («null», если рекомендация не определена для данногосостояния правила);* roi(j, 4) = код рекомендации, если правило ложно, *// например, «12» («null», если рекомендация не определена для данного состояния правила);* roi(j, 5) = процент доверия к рекомендации. *// например, «95»*

На рисунке 2 представлен алгоритм функционирования проектируемой экспертной системы, представленный функцией PoiskR(), Для примера предполагается наличие следующих данных:

oi(j) = <5, «Определение БЖО», «Определение бульоно-жирового отека» >,

p(j) = <8, «Правило БЖО», «20.03.2015», «pH < 6 ^ Kh < 0», «Правило бульоно-жирового отека»>,

poi(j) = <2, 5, 8>,r(j) = <6, 1, «В фарше вареной колбасы необходимо уменьшить количество воды и использовать "адаптивные" добавки», «Рекомендация к правилу БЖО»>

roi(j) = <9, 8, 6, null, 95>.

Допустим, что одним из объектов исследования является определение бульонно-жирового отека в вареной колбасе. Необходимо выдать рекомендацию в случае обнаружения бульонно-жирового отека в фарше. При вызове функции определяется (блок 1) код объекта исследования (в нашем примере **oi**(j) = 5) и значения параметров (в нашем примере показатель активной кислотности и коэффициент водоудержания фарша соответственно pHx = 5, Khx = -2). Далее в блоке 2 осуществляется поиск объекта на множестве POI, для которого Koi = poi(j, 2). Из найденного объекта определяется код правила Kp (в примере Kp = 8). Если объект найден, то в блоке 4 осуществляется выбор описания правила Px, соответствующего коду Kp (в примере Px = pH < 6 ^ Kh < 0).

«ОбъектыИсследования» – список объектов, которые подвергаются анализу, для выявления в рецептуре технологических отклонений.

1. «Правила» – список всех правил, которым может соответствовать исследуемый объект при тех или иных событиях.

2. «ПравилаОбъектаИсследования» – правила соответствующие конкретному объекту исследования.

3. «Рекомендации» – описания проблемы и рекомендации для ее решения.

4. «РекомендацииОбъектуИсследования» – список рекомендаций объекту исследования.

Пример использования искусственного интеллекта в технологической системе

Для реализации рассмотренного подхода разработана автоматизированная экспертная система управления технологическим процессом производства мясных и колбасных изделий – программный комплекс (ПК) «МультиМит Эксперт» [7]. Рассмотрим пример анализа с помощью этой системы рецептуры (базовая) сосиски «Столичные» ТУ 9213-874-00419779-05, в состав которой входит большое содержание жирного сырья (таблица 1).

В мясной промышленности в настоящее время в качестве управляющих воздействий в технологии колбасных изделий заданного качества в основном используются комплексные пищевые добавки (КПД).

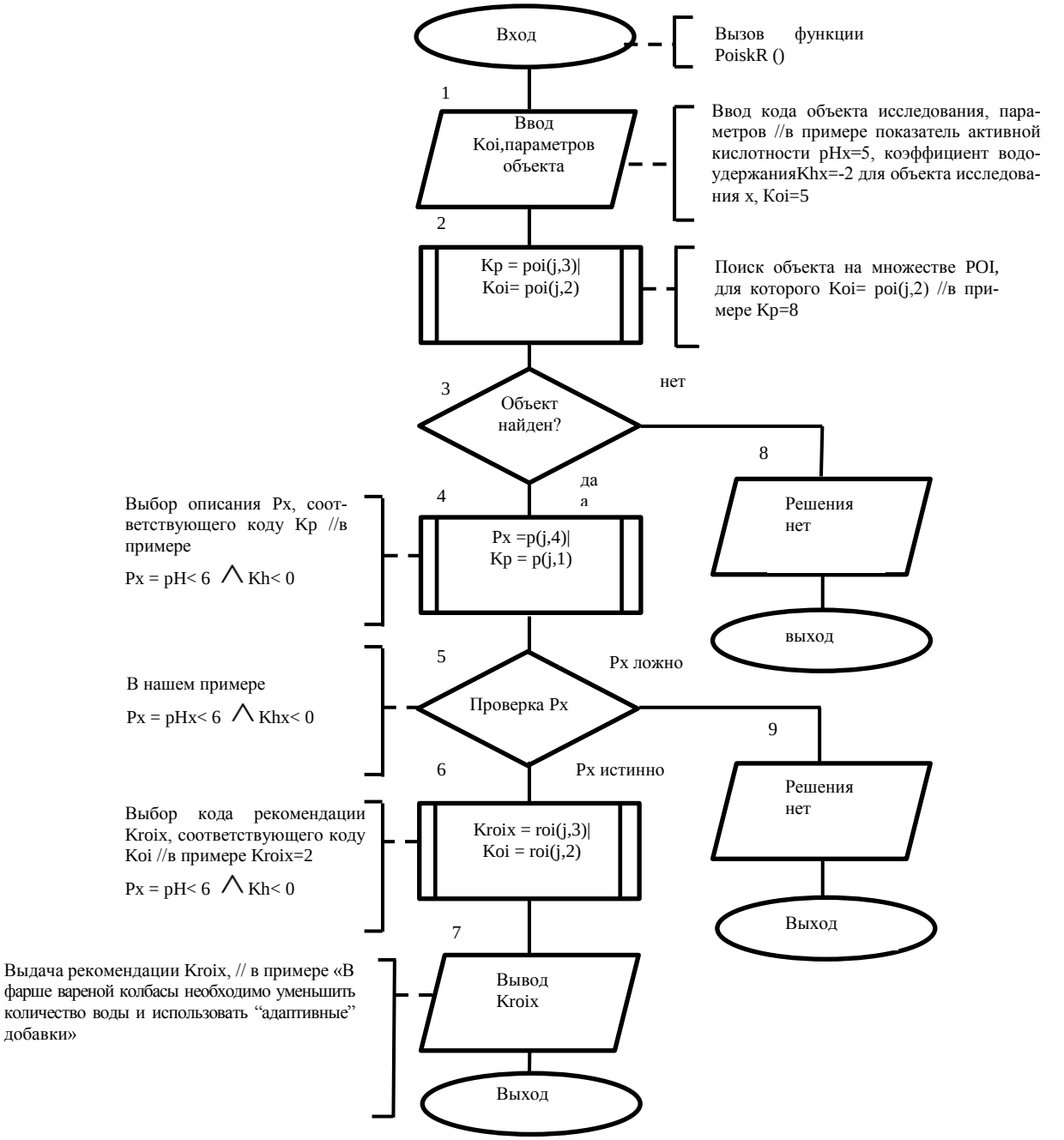

Рисунок 2. Алгоритм работы интеллектуальной (экспертной) системы

Figure2. The algorithm of the intelligent (expert) system

Таблица 1.

Рецептура сосисок «Столичные», в составе которой содержится большое количество жирного сырья

Table 1.

Recipe sausages "Capital", which contains a large number of fatty raw materials

Ингредиенты | Ingredients	Цена руб./кг | Price RUR / kg	Рецептура			
		Базовая		Скорректированная	
		кг | kg	%	кг | kg	%
Говядина 1 сорта | Beef 1 grade	300,0	15,0	11,66	12,1	9,50
Говядина 2 сорта | Beef 2 varieties	240,0	20,0	15,55	14,1	11,00
Свинина жирная | Pork fatty	120,0	42,0	32,65	34,5	27,0
Грудка бройлера | Broiler Breast	165,0	-	-	7,4	5,80
Белковожировая эмульсия | Protein-fat emulsion	50,0	-	-	7,7	6,00
Гидратированный соевой белок | Hydrated soy protein	40,0	18,0	13,99	12,8	10,00
Белкол гидратированный | Belcolhydrated	63,0	-	-	6,4	5,00
Молоко сухое | Milk powder	100,0	2,0	1,56	2,0	1,60
Меланж | Melange	90,0	3,0	2,33	3,0	2,35
Итого основного сырья | Total main raw materials		**100,0**	**77,74**	**100,0**	**78,25**
Соль | Salt	8,0	2,50	1,94	2,45	1,92
Нитрит натрия | Sodium nitrite	50,0	0,007	0,005	0,007	0,005
СП Кезекнакер | Spice Kezeknaker	450,0	1,1	0,85	-	-
Столичная комби | Stolichnaya Combi	400,0	-	-	1,3	1,00
Рубизин розовый | Rubyzine pink	430,0	0,050	0,039	0,051	0,040
Тарипрот супер | Tariprot super	340,0	-	-	0,13	0,10
Эмульмикс | Emulmix	250,0	-	-	0,64	0,50
Лед (вода) | Ice (water)	0,0	25,0	19,43	23,2	18,18
Общее количество | Total		**128,7**	**100**	**127,8**	**100,0**
Экономический расчет (Economic calculation)		**Значение | Value**			
Стоимость фарша, руб./кг (The cost of stuffing, RUR/kg)		**124,88**		**116,43**	
Потери (Losses),%		**1,0**		**1,0**	
Выход (Output), %		**127,3**		**126,5**	

Как правило, их условно разделяют на две части - функциональную и вкусо-ароматическую. На российском рынке ингредиентов КПД приобрели огромную популярность и объем продаж из-за упрощения технологического процесса фаршесоставления.

Однако при использовании КПД в составе рецептур мясопродуктов, возникают *определенные сложности*, обусловленные:

– невозможностью адаптивного управления качеством фаршевой смеси вследствие отсутствия конкретного знания о формуле КПД, представляющей коммерческую тайну, что в условиях отсутствия сырья заданного качества может привести к возникновению технологического брака;

– строгой регламентацией в готовом продукте функциональных составляющих КПД;

– отсутствием универсальности КПД в составе рецептур мясопродуктов на предприятиях различных регионов страны.

При отсутствии мясного сырья с заданным качеством, процесс управления с их помощью становится неэффективным.

Одна из важных задач экспертной системы – задача определения оптимального набора управляющих воздействий в виде пищевых добавок направленного действия при наличии технологических дефектов в рецептурах колбасных изделий. Необходимо подобрать такой перечень управляющих воздействий, который в сумме содержал бы нужный набор функциональных свойств, но при этом суммарная стоимость единицы массы этих ингредиентов была бы минимальна.

В рассматриваемом примере используется большое содержание жирного сырья. Для того чтобы удержать влагу в фарше и при термообработке не дать ей выделиться, т. е. свести к минимуму риск образования бульонно-жирового отека, необходимо в рецептуре использовать добавки, в составе которых обязательно

присутствуют адаптированные ингредиенты, позволяющие свести к минимуму возникающие риски. Поэтому использование в приведенной рецептуре только комплексных пищевых добавок (например, «Росмикс Докторская», «Тари комби», «Столичная комби» и т. п.) недостаточно для обеспечения стабильного качества готового продукта.

Экспертная система ПК «МультиМит Эксперт» в результате анализа рассматриваемой рецептуры выявила ряд проблем:

1. Процент содержания некоторых ингредиентов превышает допустимые нормы.

2. Обнаружено большое количество жирного сырья.

3. Низкий коэффициент водоудержания фарша.

По каждой выявленной проблеме экспертная система определяет негативное влияние и дает рекомендации по их устранению. В таблице 2 представлена информация, выданная экспертной системой по проблемам 2 и 3 с учетом указанного в исходных данных наличия сырья на складе.

Таблица 2.

Результаты анализа рецептуры экспертной системой

Table 2.

The results of the analysis of the formulation by the expert system

Проблема | Problem	Отрицательное влияние | Negative impact	Рекомендации | Recommendations
Обнаружено большое количество жирного сырья | A large amount of fatty raw material	Может привести в готовом продукте: к слишком мягкой консистенции; появлению постороннего привкуса; к образованию бульонно-жировых отеков под оболочкой. | Can lead in the finished product: To a too soft consistency; the appearance of foreign taste; to the formation of broth-fatty edema under the membrane.	Рекомендация 1 (см. примечание) | Recommendation 1 (see note)
Низкий коэффициент водоудержания фарша | Low coefficient of water retention	Часть влаги останется в несвязанном состоянии, что повлияет на качество готового продукта. | Part of the moisture will remain unbound, which will affect the quality of the finished product.	Рекомендация 2 (см. примечание) | Recommendation 2 (see note)

Примечания

Рекомендация 1. В данной рецептуре содержится большое количество жирного сырья: «Свинина жирная», «Белково-жировая эмульсия». Необходимо данное сырье использовать в сочетании с функциональными или комплексными добавками. Исходя из наличия сырья на складе, предположительно решить проблему можно, используя в комплексе следующие ингредиенты: «Тарипрот супер» (процент ввода от 0,1% до 0,3%, содержит: загуститель, гелеобразователь); «Эмульмикс» (процент ввода от 0,5% до 2%, содержит: эмульгатор). А также нужно включить в рецептуру необходимую вкусоароматическую добавку.

Рекомендация 2. Необходимо уменьшить количество добавляемой воды (льда) до 23,2 кг. на 100 кг. основного сырья или использовать ингредиенты, регулирующие консистенцию, например, гидроколлоиды

Рассчитанная в программе, оптимальная рецептура с учётом заданных требований к качеству продукта и рекомендаций экспертной системы приведена в таблице 1 (скорректированная).

Анализ качества скорректированной рецептуры экспертной системой также показал большое содержание жирного сырья, но в рекомендациях уже было указано, что рецептура содержит ингредиенты для нивелирования, данной проблемы.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования показали, что рекомендации разработанной экспертной системы, позволяют улучшить качество готового к употреблению мясного продукта, увеличить коэффициент водоудержания, характеризующий влагоудерживающую способности фарша, что способствует повышению выхода готового продукта, а также повысить рентабельность продукции. Проведенное экспериментальное исследование эффективности разработанной системы на мясоперерабатывающих предприятиях России и Республики Казахстан показало снижение издержек производства и составило порядка 20 млн. руб./год для мясоперерабатывающего предприятия, производственной мощностью 4–5 тыс. тонн/год готовой продукции; социальная значимость работы заключается в улучшении культуры производства, повышении степени объективности принимаемого решения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Красуля О.Н. и др. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. Учебное пособие. СПб.: ГИОРД, 2015. 320 с.

2 Sablani Shyam S., Rahman M. Shafiur, DattaAshim K., Mujumdar Arun S. Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. 613 p.

3 Potoroko I.I., Krasulia O.N., Tokarev A.V. Innovative solutions in management of process and accounting tasks at meat industry enterprises as a product quality factor // Economics & Management Research Journal of Eurasia. 2014. № 1. С. 58–65.

4 Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. 1152 с.

5 Норвиг П. Современный подход к искусственному интеллекту. СПб.: Дрофа, 2007. 1408 с.

6 Токарев А.В., Красуля О.Н. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 66–71

7 Токарев А.В., Красуля О.Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616949 «Программа для решения технологических и учетных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности “МультиМит Эксперт”»

REFERENCES

1 Krasulia O.N., Nikolaeva S.V., Tokarev A.V. et al. Modelirovanie retseptur pischevyih produktov i tehnologiy ih proizvodstva: teoriya i praktika [Modeling of food recipes and manufacturing technologies: theory and practice]. Saint-Petersburg, GIORD Publ., 2015. 320 p. (in Russian).

2 Sablani Shyam S., Rahman M. Shafiur, DattaAshim K., Mujumdar Arun S. Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. 613 p. (in Russian)

3 Potoroko I.I., Krasulia O.N., Tokarev A.V. Innovative solutions in management of process and accounting tasks at meat industry enterprises as a product quality factor. Economics & Management Research Journal of Eurasia. 2014. no. 1. pp. 58–65..

4 Giarratano J., Riley G. Ekspertnyiesistemyi: printsipyirazrabotkiiprogrammirovaniya [Expert Systems: Principles and Programming, Fourth Edition: Principles and Programming]. Moscow, Williams Publ., 2007. 1152 p. (in Russian)

5 Norvig P.Sovremennyi podkhod k iskustvenomy intellektu [Modern approach to artificial intelligence] Saint-Petersburg, Drofa. 2007. 1408 pp. (in Russian)

6 Tokarev A.V. Krasulia O.N. Optimization of control actions in the formulations of sausage products in the presence of technological defects. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015, no. 4, pp. 66–71 (in Russian)

7 Tokarev A.V., Krasulya O.N. Programma dlya resheniya tehnologicheskih I uchetnyih zadach na predpriyatiyah myasnoy I ryibnoy promyishlennosti “MultiMeat Expert” [The program for the solution of technological tasks, and accounting at the enterprises of meat and fish industry "MultiMeat Expert"]. Certificate RF, no. 2013616949, 2013.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валерий И. Карпов д. т. н., профессор,кафедра «Информационные технологии»,Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского,ул. Земляной Вал, 73, Москва, 109004, Россия,vikarp@mail.ru

Ольга Н. Красуля д. т. н., профессор,кафедра «Технологии хранения и переработки продуктов животноводства»,Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева,ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, okrasulya@mail.ru

Алексей В. Токарев аспирант, кафедра «Информационные технологии», Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной Вал, 73, Москва, 109004, Россия, av.tokarev@bk.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valerii I. Karpov doctor of technical sciences, professor,“Information Technology” department, Moscow state university of technologies and management named after K.G. Razumovskiy,Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, vikarp@mail.ru

Olga N. Krasulya doctor of technical sciences, professor,“Technologies of storage and processing of livestock products” department, Russian state agricultural university of MSHA of K.A. Timiryazev,Timiryazevskayast., 49, Moscow, 127550, Russia, okrasulya@mail.ru

Aleksei V. Tokarev graduate student, “Information Technology” department, Moscow state university of technologies and management named after K.G. Razumovskiy, Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, av.tokarev@bk.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Валерий И. Карпов постановка задач, написание рукописи, корректировка её до подачи в редакцию, несет ответственность за плагиат

Ольга Н. Красуля консультации по технологическим аспектам задач, участие в формировании базы знаний

Алексей В. Токарев разработка алгоритмов и комплекса программ, проектирование и наполнение базы данных и базы знаний, проведение расчетов

CONTRIBUTION

Valerii I. Karpov setting goals, writing of the manuscript, corrected it before submission to the editors, bears-makers of plagiarism

Olga N. Krasulya advice on technological aspects of the tasks involved in the formation of the knowledge base

Aleksei V. Tokarev development of algorithms and a complex of programs, designing and filling the database and knowledge base, making calculations

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 01.04.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 01.05.2017

RECEIVED 4.1.2017

ACCEPTED 5.1.2017