



МАТЕРИАЛЫ

II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА»
«ИНФОРМАТИКА ЖӘНЕ ҚОЛДАНБАЛЫ МАТЕМАТИКА»
«COMPUTER SCIENCE AND APPLIED MATHEMATICS»

(ЧАСТЬ II)

Алматы
27-30 сентября 2017 года

www.conf2017.ipic.kz

На рис. 1 приведен условный пример проекции траектории на плоскость (F, C) . P_{α} (*Begin*, *End*), α — ее угол наклона к C . Образ области $DEnd$ — прямоугольник с точечной заливкой, сдвинутый относительно проекции оси развития для наглядности. Белые точки на траектории отмечают фазовые переходы (в примере расставлены произвольно). Жирным крестом показано «опережение» стрелы времени.

С помощью достаточно простых преобразований (поворот, растяжение и др.) подобные картины легко приводятся к более наглядному виду улитки развития, которую использовал Н.А. Бадулин для моделирования развития инновационного бизнеса [1].

Представленные построения выполнены на уровне формализованной абстракции без какой-либо привязке к содержательным аспектам моделирования. В то же время, они демонстрируют возможности использования геометрических построений для получения информации о развитии процессов. Для реального использования метода в качестве инструментария поддержки моделирования развивающихся процессов. Представляется, что разработка такого инструментария имеет хорошие перспективы.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-07-00485.

Литература

1. Бадулин Н.А. «Улитка инноваций», «тройная спираль» и другие крутовые процессы в экономике // Матер. VIII Всероссийской школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным. - 2012. - Т.1. - С. 7 – 29.
2. Скопин И.Н. Формализация представления целенаправленно развивающихся процессов // System Informatics (Системная информатика). - 2015. - №. 6. - С. 35 – 52.
3. S-кривая (S-Curve) // Глоссарий PMBOK. URL: <http://www.pmglossary.com> (дата обращения: 6.01.2017).

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Утепбергенов И.Т., Тойбаева Ш.Д., Муслимова А.К.,
Исабекова Л.С.

e-mail: shara_t@mail.ru

Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК

Аннотация

В статье разработана модель нечеткого управления качеством хлебопекарной компании как основного фактора конкурентоспособности пищевой промышленности для дальнейшего использования и интеграции в систему автоматизированного интеллектуального управления менеджмента качества технологических процессов хлебопекарной промышленности. В качестве алгоритма нечеткого вывода использован алгоритм Мамдани. Процесс разработки системы реализован в среде MatLab с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox и интерактивного модуля fuzzy. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения построенной системы как универсального средства для определения оценки эффективности управления качеством технологических процессов пищевого производства, а также возможности формирования комплекса мер по повышению указанной эффективности. Разработанная модель дает возможность прогнозировать показатели качества выпускаемых хлебобулочных изделий и управлять данными показателями.

Ключевые слова: *СМК, технологические процессы, база правил модели, алгоритм нечеткого вывода, база оценок экспертов, прогнозирование.*

Введение

В настоящее время высокое качество продукции является одним из главных факторов успеха предприятий пищевых отраслей, обеспечения их конкурентоспособности и экономической эффективности.

Система менеджмента качества (СМК) для пищевой промышленности – важнейшее условие обеспечения безопасности продовольственной продукции [1]. Одной из главных задач в развитии современных предприятий в рыночных условиях - это повышение конкурентоспособности. Высокое качество продукции, выпускаемой на предприятиях будет являться одним из главных факторов успеха предприятий в ведении конкурентной борьбы, повышении экономической эффективности.

Для эффективного решения проблем необходимо использовать потенциал менеджмента путём внедрения систем качества и международных стандартов. Ключевым стандартом для построения процедур в организациях и для подтверждения соответствия, в случае необходимости, является стандарт «СТ РК ISO 9001 Системы менеджмента качества. Требования». Данный стандарт устанавливает, что «организация должна разработать, задокументировать, внедрить, поддерживать в рабочем состоянии систему менеджмента качества и постоянно улучшать её результативность». Ведь система менеджмента качества - это средство для достижения определённых результатов на рынке.

В настоящее время предприятия всего мира, в том числе в Республике Казахстан, внедряют системы управления качеством на основе стандартов ISO 9001 [2].

Глава государства Республики Казахстан Н. А. Назарбаев своим Указом учредил конкурсы, и сегодня многие отечественные товары могут конкурировать на международном рынке [3]. Одно из главных условий участия в конкурсе – это внедрение систем менеджмента, что, естественно, стимулирует внедрение СМК. Внедрение СМК – дело добровольное и отражает состояние процессов производства, дает определенную информацию о технологических процессах хлебопекарного предприятия.

Целью данной статьи является разработка модели управления качеством технологических процессов пищевого производства, используя аппарат нечеткой логики. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- определить факторы, влияющие на качество пищевого производства;
- разработать нечеткую модель управления качеством технологических процессов пищевого производства;
- реализовать разработанную модель на конкретном примере;
- оценить результаты и перспективы дальнейших исследований.

Статья организована следующим образом. После введения в разделе 2 представлен анализ исследований и публикаций в области систем управления качеством и моделирования с использованием нечеткой логики. Затем в разделе 3 обсуждается анализ интеллектуальных технологий управления. В разделе 4 определены показатели качества в виде дерева, сгенерированная база правил систем нечеткого вывода, приведены функции аксессуара входных и выходных переменных и результаты моделирования. Наконец, приводятся краткие выводы.

Анализ исследований и публикаций

Вопросы моделирования менеджмента качества технологических процессов освещены в работах таких ученых как Walter A. Shewhart (Уолтер Шухарт) – разработка статистических методов управления процессами [4], Joseph Juran (Йозеф Джуран) – известен разработкой «триады качества» [5]. Триада качества включает в себя цикл работ по планированию качества, контролю качества и улучшению качества. Джуран является разработчиком концепции CWQM (Company - Wide Quality Management) – корпоративный менеджмент качества. W. Edwards Deming (Эдвардс Деминг) – основатель и разработчик концепции "Всеобщего менеджмента качества" (Total Quality Management) [6]. Внес большой вклад в разработку статистических методов управления процессами. Также известен разработкой системного подхода к улучшению качества, представив в виде цикла улучшений PDCA (цикл Шухарта – Деминга). Armand Feigenbaum (Арманд Фейгенбаум) – разработал принципы всеобщего контроля качества, являлся основателем и председателем международной академии качества [7]. Kaoru Ishikawa (Каори Ишикава) – разработчик инструментов качества: причинно-следственная диаграмма Ишикавы [8]. Genichi Taguchi (Генитчи Тагучи) – занимался разработкой статистических методов и применением их в промышленном производстве (так называемые «методы Тагучи»), также

разработал методику планирования промышленных экспериментов и предложил концепцию повышения качества с одновременным снижением расходов [9]. Shigeo Shingo (Синго Сигео) – является одним из разработчиков известной японской системы планирования и производства Just-in-Time, также создатель метода SMED (single minute exchange of die – быстрая переналадка) и системы Poka-Yoke (mistake proofing – защищенность от ошибок), которые сейчас являются частью системы бережливого производства. Philip Crosby (Филип Кросби) – разработчик известной программы качества «ноль дефектов», внес большой вклад в развитие методов улучшения качества, основы которых сформулированы в виде 14 шагов по улучшению качества [10].

Свойством человеческого интеллекта является способность принимать правильные решения в обстановке неполной и нечеткой информации. Построение моделей, приближенных человеческим рассуждениям, использование их в системах управления предприятием представляет сегодня одну из важнейших проблем автоматизации технологического производства. Значительное продвижение в этом направлении профессором Калифорнийского университета (Беркли) Лотфи А. Заде (Lotfi A. Zadeh) [11]. Заде создал аппарат для описания процессов интеллектуальной деятельности, включая нечеткость и неопределенность выражений. методы имитационного моделирования – системная

Предметом исследования является - динамика, процессное и дискретно-событийное моделирование Советова Б.Я., Яковлева С.Я. [12], методы интеллектуальных вычислений – нейросети, нечеткая логика – рассмотрены в работах Боровикова В.П. [13], Штовбы С.Д. [14].

Все известные модели не описывают в полном объеме объект моделирования. Каждая из них имеет узконаправленное назначение. Построение максимально полной по типам операций, по функциям модели, использование системного подхода – основная задача математического моделирования менеджмента качества технологических процессов пищевого предприятия.

Сравнительный анализ

Математический аппарат, используемый в традиционных методах автоматического управления, не всегда в полной мере может удовлетворить нуждам современного производства. Поэтому в условиях неопределенности используются такие информационные технологии [12], как экспертные системы [13], нейронные сети [14], нечеткие системы [15], генетические алгоритмы [16] и ряд других. Где в основе лежит попытка некоторой формализации деятельности головного мозга человека и функционирования живых организмов.

Для обработки процессов СМК пищевого производства характерна работа в условиях неопределенности, поэтому актуальной является задача нахождения эффективного метода управления и построения оптимальной модели управления [17].

При автоматизации управления технологическими процессами пищевого производства автоматизированная система управления должна основываться на базе экспертных знаний, что возможно только с использованием интеллектуальных технологий управления.

На сегодняшний день для решения задач управления используются интеллектуальные методы. Выделяют следующие типы интеллектуальных систем управления: на основе нейросетевых технологий и на основе нечеткой (fuzzy) логики [18].

Моделирование с помощью искусственных нейронных сетей, основанное на алгоритмах обучения и свойстве обобщения, позволяет в ряде случаев успешно прогнозировать временные ряды, снизить требования к математической подготовке специалистов предметных областей, однако нейросетевые модели не имеют формального представления, а также не предусматривают интерпретацию результатов анализа временных рядов, принцип работы сетей достаточно сложен, что ограничивает их применение. Сети могут самостоятельно получать данные и обрабатывать их, однако, процесс обучения сетей достаточно долг, кроме того, анализ полученной в конечном итоге сети достаточно сложен. При этом, ввод в нейронную сеть какой-либо заранее достоверной информации не возможен.

Рассматривая системы, построенные на нечеткой логике, можно утверждать обратное - данные, получаемые на выходе таких систем, легки в понимании [19].

Предлагаемая модель

Разработанная интеллектуальная система поддержки принятия решений является многофункциональной и динамической системой, которая направлена на решение задач стратегического управления, планирования, контроля, анализа и прогнозирования.

Алгоритм функционирования модели представлен на рисунке 1.

Обозначим критерием качества изготавливаемой продукции хлебобулочного комбината показатель качества Q (quality), $Q \in [0, 100]$. Чем выше значение этого критерия, тем выше качество хлеба, тем выше занимаемое им положение на рынке.

Основные показатели хлебозавода, влияющие на качество, и, изменение которых невозможно описать с помощью четких математических функций, - это качественные показатели. Обозначим их через $X_1, \dots, X_n$, тогда модель управления качеством предприятия будет представлять функциональное отображение следующего вида:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\} \rightarrow Q \in [0, 100] \quad (1)$$

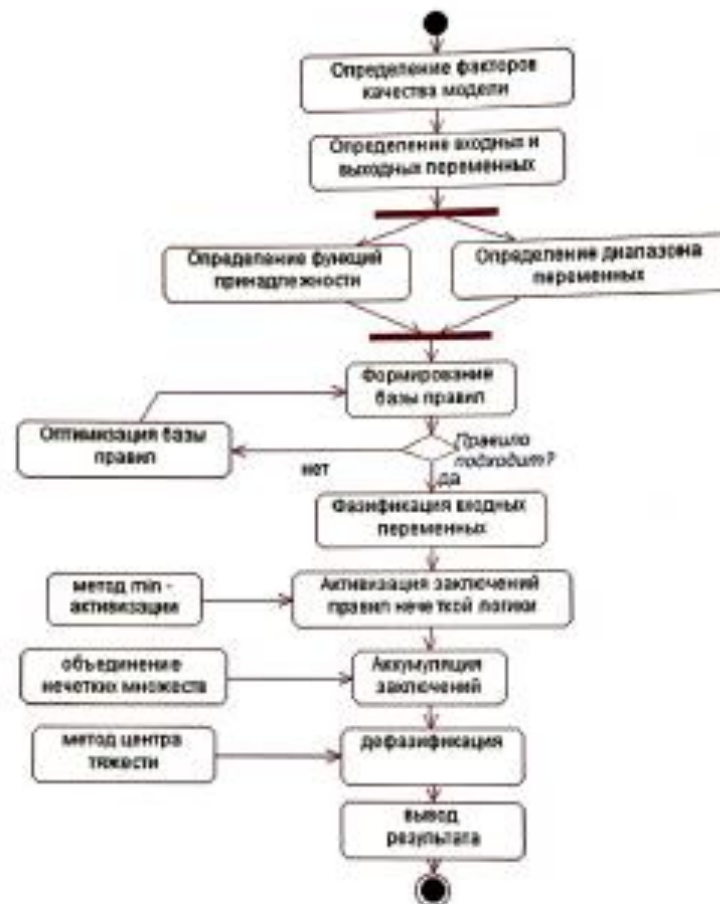


Рисунок 1 - Алгоритм функционирования модели

При большом числе факторов их удобно представить в виде дерева (рисунок 2).

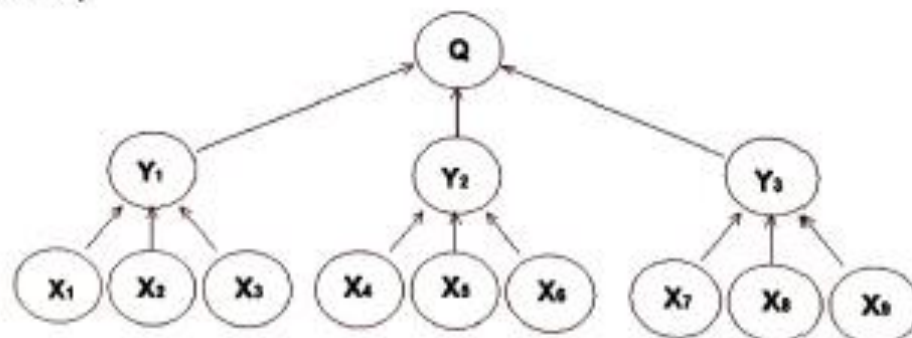


Рисунок 2 – Иерархический граф факторов качества предприятия

Элементы графа интерпретируются следующим образом:

- корень дерева – качество продукции хлебозавода (Q);
- терминальные вершины – частные влияющие факторы ($X_i, i=1..9$);
- нетерминальные вершины – укрупненные влияющие факторы (Y_1, Y_2, Y_3, Q)

Описание факторов качества представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Факторы качества модели

Обозначение	Описание
Y_1	Качество выпускаемых хлебобулочных изделий
X_1	Ассортимент (количество выпекаемой продукции)
X_2	Эксклюзивность (количество уникальных хлебобулочных изделий)
X_3	Стоимость хлебобулочных изделий (усредненная цена хлебобулочных изделий)
Y_2	Качество организационной деятельности хлебозавода
X_4	Квалификация персонала хлебозавода
X_5	Длительность отношений обеспечения населения хлебом
X_6	Степень разветвленности сети распределения
Y_3	Качество информационных технологий (ИТ) хлебозавода
X_7	Технологичность ИТ
X_8	Удобство эксплуатации ИТ
X_9	Функциональные возможности ИТ

Представим процесс построения модели управления качеством выпускаемых хлебобулочных изделий ($Y_1 \in [0,50]$). Ниже представлена функциональная модель следующего вида:

$$X=\{X_1, X_2, X_3\} \rightarrow Y_1 \in [0,50], \quad (2)$$

где X – вектор влияющих факторов.

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода используется алгоритм Мамдани [20].

Каждой входной X_1, X_2, X_3 и выходной переменной Y_1 определены в соответствии набор функции принадлежности. Для X_1 определен диапазон базовой переменной (Range) от 0 до 100 (единица измерения – запланированный объем продукции, целое число.).

Добавим три функции принадлежности, тип которых – *trimf*. Функциям принадлежности присвоены наименования – *high, average, low* соответственно высокому, среднему и низкому ассортименту выпекаемой продукции. Окно редактора функции принадлежности в текущем состоянии показано на рисунке 3. Переменной X_2 диапазон базовой переменной определен равным [0, 30]

(единица измерения — проценты), поставлены в соответствие три функции принадлежности наименованиями — *high*, *average*, *low*. Переменной X_3 диапазон базовой переменной так же определен равным $[0, 30]$ (единица измерения — денежная единица), также соответственно три функции принадлежности наименованиями — *high*, *average*, *low*. Таким образом, переменная качество выпускаемых хлебобулочных изделий будет принимать следующие значения: высокое, среднее и низкое качество.

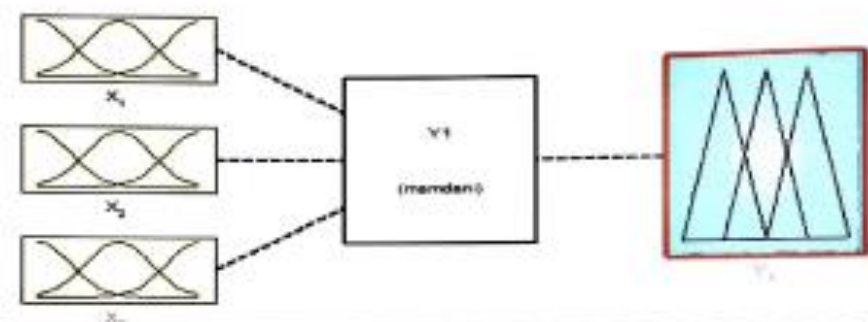


Рисунок 3- Редактор функции принадлежности

Далее формируется база правил систем нечеткого вывода. Проведена генерация множества правил из возможных сочетаний нечетких высказываний в предпосылках и заключениях правил, в соответствии с которыми максимальное количество их в базе определяется следующим отношением:

$N = N_{x1} \cdot N_{x2} \cdot \dots \cdot N_{xm} \cdot N_y$, где $N_{x1} \cdot N_{x2} \cdot \dots \cdot N_{xm} \cdot N_y$ — число функций принадлежности для задания входных и выходных переменных ($N=81$) [21].

Существует вероятность того, что некоторые из правил окажутся противоречивыми. Это относится к правилам с одной и той же посылкой (условием), но с разными следствиями (выводами). Один из методов решения этой проблемы заключается в приписывании каждому правилу так называемой степени истинности с последующим выбором из противоречащих друг другу правил того, у которого эта степень окажется наибольшей. Таким образом, не только разрешается проблема противоречивых правил, но и значительно уменьшается их общее количество [22].

Экспертные нечеткие базы знаний приведены в таблице 2. Элементы нечетких правил связаны логической операцией И, весовые коэффициенты правил равны 1.

Таблица 2 - Нечеткая база правил

X_1	X_2	X_3	Y_1
high	high	high	average
low	low	low	average
average	average	average	average
high	high	low	high
high	high	average	high
average	high	low	high
low	low	high	low
low	low	average	low
low	average	high	low
average	average	low	average
average	average	high	low
low	low	high	low
low	average	average	low
low	high	high	average
low	high	average	average
high	average	low	high
high	average	average	average

где high – высокий, average – средний и low – низкий показатели качества производства хлеба.

На этапе фазификации происходит определение (введение) нечёткости. Каждому конкретному значению отдельной входной переменной системы нечёткого управления ставится в соответствие значение функции принадлежности соответствующего ей термина входной лингвистической переменной [23].

В качестве терм-множества для входных лингвистических переменных X_1 , X_2 , X_3 будут использоваться множества $T_1 = \{\text{« low »}, \text{« average »}, \text{« high »}\}$, $T_2 = \{\text{« low »}, \text{« average »}, \text{« high »}\}$, $T_3 = \{\text{« low »}, \text{« average »}, \text{« high »}\}$, а для выходной лингвистической переменной Y_1 будет использоваться множество $T_4 = \{\text{« low »}, \text{« average »}, \text{« high »}\}$.

Функции принадлежности для входных переменных были построены с использованием метода статистической обработки экспертной информации, а для выходной переменной – на основе метода парных сравнений [24]. При построении применялись следующие кусочно-линейные функции принадлежности – треугольная, и трапециевидная, которые изображены на рисунке 4.

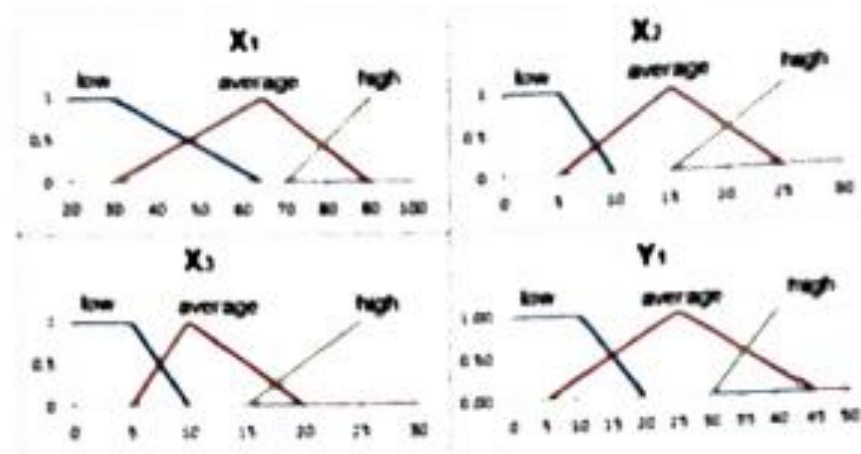


Рисунок 4 - Графики функций принадлежности нечетких множеств

С помощью агрегирования были определены степени истинности условий каждого из правил нечетких продукций, используются парные нечеткие логические операции (min-конъюнкции и max-дизъюнкции). Правила считаются активными и используются для дальнейших расчетов, если степень истинности условий отлична от нуля.

Активизация подзаключений в нечетких правилах продукций осуществлена по методу min-активизации, аккумуляция заключений путем объединения нечетких множеств, дефазификация выходных переменных по методу центра тяжести [25].

Модель нечеткого управления качеством производства хлебобулочных изделий построена на основе экспертных знаний, поэтому необходимо провести обучение модели по экспериментальным данным для обеспечения достоверных результатов, и оценить адекватность построенной модели. Для обучения нечеткой модели были настроены параметры функций принадлежности термов таким образом, чтобы среднеквадратическая ошибка была минимальной [26].

Значения трех входных переменных поступают на вход мультиплексора, в котором происходит объединение данных. Далее производится оценка качества выпускаемых хлебобулочных изделий с использованием аппарата нечеткой логики на основе разработанных нечетких правил (рисунок 5).

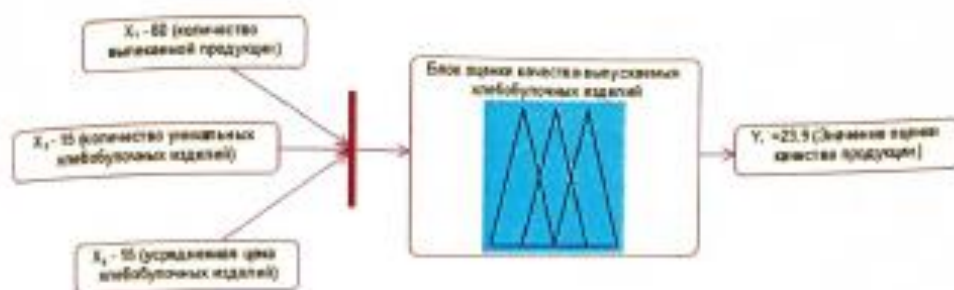


Рисунок 5 - Система оценки качества выпекаемых изделий с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox программного комплекса MatLab

Пример реализации разработанной модели в Matlab для значений входных переменных: если $x_1=60$, $x_2=15$, $x_3=15$, тогда показатель качества выпускаемых хлебобулочных изделий является средним $y_1=23,9$ (рисунок 6).

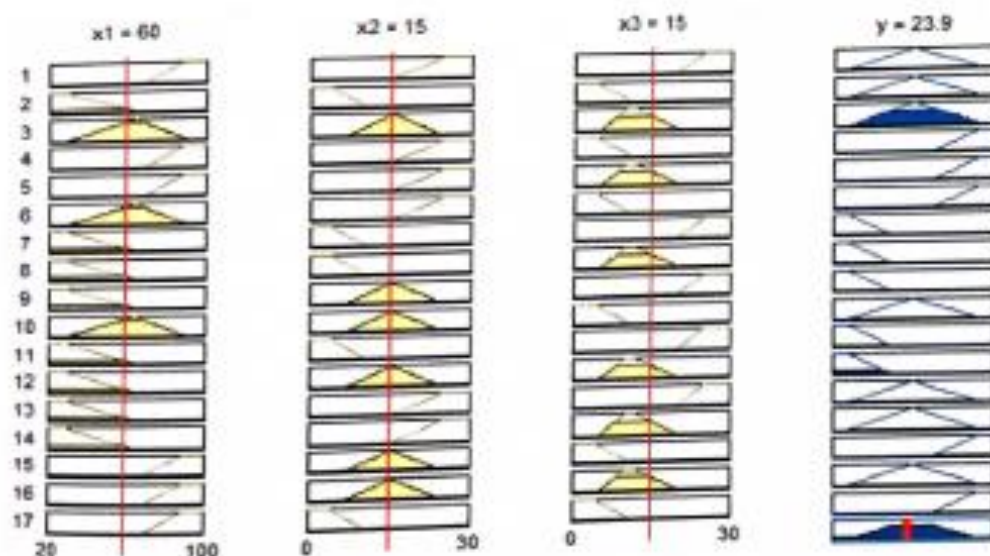


Рисунок 6 - Вывод результатов в Matlab

В данной модели выбирается оптимальный вариант повышения качества продукции до установленного предела. При этом указываются "узкие" места и новые проблемы, которые необходимо решить, чтобы повлиять на эволюцию объекта в нужном направлении. Данная поверхность позволяет оценить зависимость выходной переменной Y_1 «Качество выпускаемых хлебобулочных изделий» от значений различных пар входных переменных. Анализ этих зависимостей может служить основанием для изменения параметров модели нечеткого вывода для повышения ее адекватности при различных стратегиях хлебопекания.

Например, если у хлебозавода стоит задача повысить уровень качества выпускаемых хлебобулочных изделий до 35 пунктов и при этом изменить показатель стоимости хлебобулочных изделий возможно в пределах X_1 [10,30], количество эксклюзивных изделий X_2 [5,20], а количество выпекаемой продукции X_3 – фиксировано.

Возможные комбинации факторов X_2 и X_1 , обеспечивающие хлебобулочной компании уровень качества выпускаемых изделий равный 35 пунктам, а также комбинации, обеспечивающие текущее состояние хлебозавода, представлены на рисунке 7.

Реакция на ступенчатое изменение заданного качества выпускаемых хлебобулочных изделий. Данные зависимости показывают, насколько точно система отслеживает заданную стоимость выпекаемого изделия.

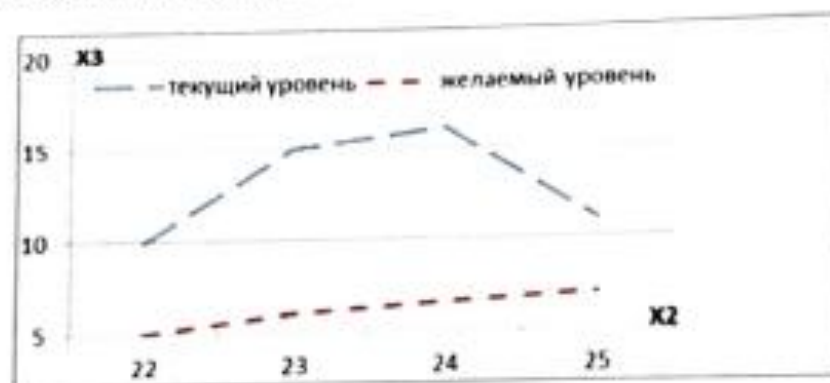


Рисунок 7 - Текущий и желаемый уровни качества хлебобулочных изделий

Заключение. Введение разработанной модели оценки и прогнозирования качества хлебобулочных изделий должно обеспечить адекватное управление процессами в данной стратегически важной отрасли экономики.

Представленная модель дает возможность прогнозировать показатели качества выпускаемых хлебобулочных изделий и управлять данными показателями с помощью таких факторов, как количество выпускаемых хлебобулочных изделий, эксклюзивность и стоимость продукции. Что позволит менеджменту хлебозавода определить соответствующие значения влияющих факторов с целью обеспечения необходимого уровня качества выпускаемых хлебобулочных изделий, тем самым обеспечивая себе лидирующие позиции на пищевом рынке с высокой конкуренцией [27].

Применение теории нечетких временных рядов для прогноза данных, представленных в вербальной форме, в отличие от экспертных оценок и других эвристических методов, позволяет получить количественную оценку прогноза, а также значения доверительного интервала и доверительной вероятности прогноза. Для сложно организованных систем, таких как, например, крупных

технологических комплексов, значительная часть информации имеет нечеткую структуру. Построение прогнозов на основе нечеткой логики должно быть составной частью комплексной системы прогнозирования и принятия решений [28].

Перспектива для дальнейшего исследования - разработка нечеткой модели конкурентоспособности с добавлением таких факторов, как качество информационных технологий и качество организационной деятельности хлебопека, и дальнейшим внедрением в модель интеллектуального управления качеством технологических процессов пищевого производства.

Список использованных источников

1. ISO 9001:2015 Quality management systems, <https://www.iso.org/search/x/query/9001>
2. Statistical collection of Kazakhstan «Statistical indicators of social and economic development of the Republic of Kazakhstan and its regions», 2010.
3. Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года № 958 «Об утверждении Государственной программы форсированного индустриально-инновационного развития на 2010-2014 гг».
4. E.S. Grigoryan The process approach to quality management at industrial enterprises, Modern European Researches No 2 / 2017
5. D.J. Matata, M.K. Wafula, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 5, Issue 5, May 2015
6. Abu Saleh Md. Sohel-Uz-Zaman, U.Anjalin, Implementing Total Quality Management in Education: Compatibility and Challenges, Open Journal of Social Sciences, 2016, 4, 207-217 <http://www.scirp.org/journal/jss>.
7. Viet Quan, Hoang, Quality Management: The importance of the collaboration between focal firm and first tier supplier, School of Technology Degree Programme in Logistics Engineering, 2017
8. B. Neyestani, Seven Basic Tools of Quality Control: An Appropriate Tools for Solving Quality Problems in the Organizations, March 2017, <https://mp.ra.ub.uni-muenchen.de/77681/>
9. Nitin Kumar Rath, Dr. Sunil Punjabi, Dr. M.L. Jain, Practical Application of Taguchi and Hybrid Taguchi Methods for Optimization of Processing Parameters of Manufacturing Process for Improved Part Quality: A Review, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 6, Issue 7, July 2016).
10. R. Taidi, Cost of Poor quality: Quality management in Lean manufacturing and the effectiveness of the "Zero defects" goal", Scientific Cooperations International Journal of Finance, Business, Economics, Marketing and Information Systems Vol. 1, Issue 1, September 2015
11. D. Dubois H. Prade, Articles written on the occasion of the 50th anniversary of fuzzy set theory, 2015

12. *Sovetov B.Ya. Yakovlev S.A.* Modeling systems: Textbook for universities — 4th ed., revised and extra — Moscow: Vyssh. shk., 2005. — 343 p.: Il.
13. *Borovikov V.P.* STATISTICA Neural Networks: The methodology and technology of modern data analysis. — Moscow: Hotline Telecom, 2008. — 392p. (In Russian)
14. *Shtovba S., Shtovba O.* A Fuzzy Rule-Based Prediction the Competitive Strength Index of Brand Product // Proc. of the First Polish and Intern. PD Forum—Confernece on Computer Science "Selected Problems of Computer Science". Lodz, Bronislawow (Poland), 11–14 April 2005. — Warsaw: Academic Publishing House EXIT. — 2005. — P. 208-216
15. *Chernyi S.G.*, Intelligent control terrosystems under conditions of interval uncertainty, Metallurgical and Mining Industry No.5, 2016.
16. *Thomas B. Cross*, The Uses of Artificial Intelligence in Business, Knowledge Engineering, 2017
17. *Archana Kalia*, Use of Neural Network in Data Mining, International Journal of Advanced Trends in Engineering, Science and Technology (IJATEST) Vol.2, Issue.1, January, 2017.
18. *Abdul Rahman O. Alghannam*, Design of a Simple Fuzzy Logic Control for Food Processing, 2012, <http://www.intechopen.com/books/trends-in-vital-food-and-control-engineering>.
19. *Mitchell Melanie*, An Introduction to Genetic Algorithms, 1996, Massachusetts Institute of Technology.
20. *G. Setlak, M. Alexandrov, K. Markov (Eds.)* Artificial Intelligence Methods and Techniques for Business and Engineering Applications, 2012, Rzeszow, Poland; Sofia, Bulgaria
21. *B. Rahmani, H. Rafezi*, Solving Fuzzy Logic Problems With MATLAB, 2010
22. *A.S. Thakur, H. Singh, S. Wadhwani*, Designing of Fuzzy Logic Controller for Liquid Level Controlling, International Journal of u- and e- Service, Science and Technology Vol.8, No. 6 (2015), pp.267-276, <http://dx.doi.org/10.14257/ijunesst.2015.8.6.26>
23. *M. Blej, M. Azizi*, Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Fuzzy Real Time Scheduling, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 22 (2016).
24. Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide, 1995–2017 by The MathWorks, Inc., www.mathworks.com/support/contact_us
25. *Christie L. Comunale, Thomas R. Sexton*, A Fuzzy Logic Approach to Assessing Materiality, Journal of emerging technologies in accounting, Vol. 2, 2005, pp. 1–15.
26. *D. Tadić, M. Stefanović, D. Milanović*, Fuzzy Approach in Evaluation of Operations in Food Production, International Journal for Quality Research, Vol1, 2007.

27. Fuzzy logic and neural networks: Basic concepts & applications, Chennakesava R. Alavala, 2008
28. Ying Bai, Hangi Zhuang, Fundamentals of Fuzzy Logic Control — Fuzzy Sets, Fuzzy Rules and Defuzzifications, Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications, 2006
29. H.-M. Feng, C.Y.Chen, Intelligent dynamic acquisition learning fuzzy modeling systems design, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 22, No. 4, pp. 430-439 (2014)
30. Vaschenko N.V. Methodology for assessing the compatibility of regulatory requirements of domestic and foreign practices in the construction of quality management systems. / Thesis for a scientific degree of Candidate of Technical

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАСКАДНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УГЛЕРОДА С ГРАФИТОМ

¹Шмыгалева Т.А., ²Куатбаева А.А., ³Купчишин А.А.,
³Купчишин А.И.
e-mail: Shmyg1953@mail.ru

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан

²Кокшетауский государственный университет им. Ш.Уалиханова

³Казахский национальный университет им. Абая, Казахстан

Аннотация. В работе рассматриваются процессы радиационного дефектообразования в графите, облученном углеродом. Выявлены закономерности, возникающие при подборе аппроксимационных выражений, нахождении области результата при расчете каскадно-вероятностных функций в зависимости от числа взаимодействий и глубины проникновения частиц. Получены закономерности, образующиеся при расчетах концентрации радиационных дефектов в графите, облученном углеродом. Результаты расчетов представлены в виде графиков и таблиц.

На настоящий момент практически нет общей теории прохождения частиц через вещество. При использовании того или иного метода расчета необходимо четко определить применимость каждого метода, его возможности, приближения описываемого взаимодействия, область применимости классических методов, квантовых представлений, релятивистской и нерелятивистской физики. Особо следует отметить взаимодействие ионов с