

## ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О КАЧЕСТВЕ ПРОБНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ ВЫПЕЧКИ

**Попукайло В.С. Email: Popukaylo1789@scientifictext.ru**

*Попукайло Владимир Сергеевич – младший научный сотрудник,  
Научно-исследовательская лаборатория «Математическое моделирование»,  
Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,  
г. Тирасполь, Республика Молдова*

**Аннотация:** в статье рассматривается возможность компьютерного принятия решения о качестве выпускаемой хлебобулочной продукции на основании характеристик пробной лабораторной выпечки. Исследуется возможность применения процедуры виртуального увеличения выборки, основанной на методе точечных распределений. Даются рекомендации для создания компьютерных систем принятия решения о качестве пробных партий хлебобулочных изделий. Предлагается общая структура модульной информационной системы, решающей поставленные задачи.

**Ключевые слова:** теория принятия решений, метод точечных распределений, малая выборка, пробная лабораторная выпечка.

## SUPPORT FOR THE DECISIONS ON THE QUALITY OF THE TEST LABORATORY BAKING

**Popukaylo V.S. Email: Popukaylo1789@scientifictext.ru**

*Popukaylo Vladimir Sergeevich – associate researcher,  
RESEARCH AND DEVELOPMENT LAB «MATHEMATICAL MODELING»,  
PRIDNESTROVIAN STATE UNIVERSITY T.G. SHEVCHENKO, TIRASPOL, MOLDOVA*

**Abstract:** the article considers the possibility of computer-based decision about the quality of bakery products based on the test laboratory baking characteristics. In this case it is impossible to collect a sufficient data amount to process mathematical and statistical methods, because the production is a group process. We investigate the possibilities of a virtual increase of the sample, based on point distributions method. Here are given recommendations for the creation of decision-making computer systems of test baked goods lots. Here are also given a general structure of a modular information system that solves tasks.

**Keywords:** decision support theory, the method of point distributions, small size sample, test laboratory baking.

УДК 658.562.3

В настоящее время рынок хлебобулочных изделий диктует предприятиям острую необходимость постоянного развития и модернизации. Чтобы угодить возрастающим запросам клиентов и сохранить или увеличить долю на рынке производителям необходимо постоянно расширять ассортимент выпускаемых продуктов, предоставляя на выбор сразу несколько видов хлебобулочных изделий, например, сдобные булочки, традиционные сорта хлеба, национальные хлебные изделия [1].

При этом во время подготовки к выпуску новых видов хлебобулочных изделий стоит вопрос о регулировании рецептуры и технологического процесса. В соответствии с ГОСТ 27669-88 для определения физико-химических показателей используют метод пробной лабораторной выпечки. Чтобы полученные результаты являлись воспроизводимыми в дальнейшем, при массовом производстве продукта, используется рецептура на 100 кг муки. Таким образом, если полученные характеристики не удовлетворяют требованиям к качеству изделия, то пробная лабораторная выпечка производится повторно. Если же результаты соответствуют нормам для данного вида продукции, то новый вид хлебобулочного изделия запускается в производство.

Согласно ГОСТ 31805-2012 качество готовой хлебобулочной продукции определяется по следующим показателям: объём, влажность, кислотность, пористость, внешний вид, состояние мякиша, вкус, запах и др. Часть из этих показателей являются количественно измеряемыми, а часть – оцениваются органолептически. В связи с этим оценка качества продукции и выдача рекомендаций по оперативному регулированию рецептуры или технологического процесса является процедурой, требующей от технолога большого количества знаний и опыта. Обработка полученных данных математико-аналитическими методами невозможна из-за сложности в формализации предметной области, а также потому что часть из оцениваемых параметров, фактически, являются номинативными. Применение же статистического аппарата, который мог бы решить вопросы принятия решения в условиях неопределённости и неполноты информации затруднительно ввиду сверхмалого объёма получаемой

информации. Это, в первую очередь, связано со свойствами группового процесса – так все изделия в рамках одного замеса имеют идентичные характеристики и, следовательно, представляют одну строку плана эксперимента. Более того, на формирование качества хлебобулочной продукции влияет большое количество факторов, а это приводит к тому, что таблица многомерных данных является сверхнасыщенным планом. Так, основными показателями качества основного сырья являются: вид муки, влажность, количество и качество клейковины, а также зольность. Также необходимо учитывать факторы, относящиеся к технологии изготовления изделия: время и температура выпечки, количество муки, воды и добавок и др.

В связи с этим, для возможности дальнейшего применения классических вероятностно-статистических методов предлагается использовать процедуру виртуального увеличения объема исследуемых данных, основанную на методе точечных распределений [2, с. 232]. При таком подходе, каждое отдельное измерение считается центром выборки, с заранее известным законом распределения. Применение данной методики, позволяет получить таблицу данных в 15 - 20 раз длиннее исходной, при этом существенно сократить величины интервальных оценок параметров выборок, а также сохранить информацию о виде закона распределения случайной величины [3, с. 80].

При создании систем компьютерной поддержки принятия решения, рекомендуется использовать разработанные модули [4, с. 176], позволяющие произвести виртуальное увеличение таблицы данных для дальнейшего регрессионного анализа.

Однако данный метод хорошо работает только с количественными переменными, а, как было сказано выше, некоторые из выходных характеристик качества являются органолептическими. При изучении различных подходов к оценке таких показателей было выявлено, что наиболее приемлемой является методика, разработанная в Московском технологическом институте пищевой промышленности, которая подразумевает использование пятибалльной шкалы для каждого из показателей качества. Для прогнозирования и регулирования данных параметров рекомендуется применять производственные правила, которые позволят объединить булевыми уравнениями знания инженеров-технологов и экспертов в исследуемой области и результаты статистического анализа количественных переменных.

Приведём пример создания данных правил. От экспертов-технологов известно, что величина зольности зависит от сорта и качества муки и влияет на цвет готового изделия. Таким образом, в базу знаний занесём следующее правило: «ЕСЛИ [Зольность > 1,6 AND Цвет изделия ≤ 3], ТО [Рекомендуется добавить аскорбиновую кислоту]». Если корка хлеба является недостаточно пропеченной и объём изделия меньше установленных параметров, то, вероятно, что занижена способность муки к газообразованию. На этот случай в систему заносится правило «ЕСЛИ [Цвет изделия ≤ 3 AND Объём < 140], ТО [Добавить к опаре белый солод или часть муки из проросшего зерна]». Такие правила позволяют выдавать рекомендации для лица, принимающего решение, на основе анализа комбинаций, как количественных, так и балльных показателей.

На основании проведённого исследования была разработана общая схема системы поддержки принятия решений (СППР) о качестве пробной лабораторной выпечки, изображенная на рисунке:

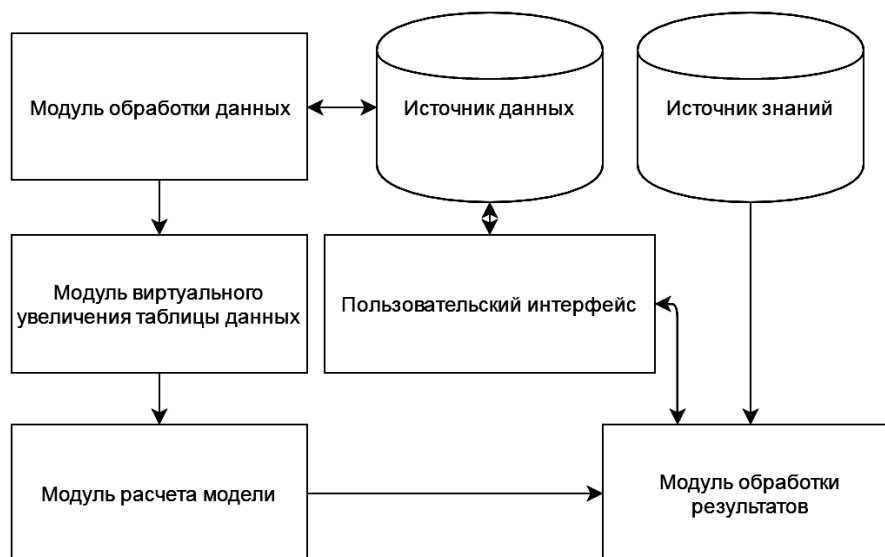


Рис. 1. Общая структура СППР

Таким образом, в словарь терминов СППР будут входить и математические модели, построенные на основании таблицы виртуально увеличенных данных одним из методов регрессионного статистического

анализа и свод продукционных правил, основанный на знаниях, полученных из нормативно-технической документации, а также от экспертов в области хлебопечения.

Данная компьютерная информационная система позволит объяснить возникновение различных дефектов, спрогнозировать поведение изучаемых параметров, а также выдавать рекомендации для инженерно-технического персонала по улучшению качества пробной лабораторной выпечки новых хлебобулочных изделий.

#### *Список литературы / References*

1. *Ратушная А., Савенков К.* Обзор российского рынка хлебобулочных изделий // Russian food & drinks magazine, 2014. № 3.
2. *Долгов Ю.А., Долгов А.Ю., Столяренко Ю.А.* Метод повышения точности вычисления параметров выборки малого объема (метод точечных распределений) // Вестник ПГУ, 2010. № 1 (36). С. 232-242.
3. *Попукайло В.С., Кожокару С.К.* Метод принятия решений в условиях малой выборки // Научный обозреватель, 2016. № 3 (63). С. 79-80.
4. *Попукайло В.С.* Построение таблицы исходных данных для многомерного моделирования по выборкам малого объема. // Тезисы IX Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». Тирасполь, 8-10 октября 2015 г. Тирасполь: Изд-во Приднестровского университета, 2015. С. 176-177.