

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

**Є. А. Лавров**, д.т.н., проф., Сумський державний університет

**Н. Б. Пасько, А. О. Курило, Н. Л. Барченко**, Сумський національний аграрний університет

*Запропоновано математичні моделі для аналізу виробничого процесу та системи управління якістю в АПК для потреб дорадництва. Задача прогнозування якості сформульована на основі нечіткої логіки. Розроблена модель бази знань впливу чинників на якість. Розроблено алгоритм розрахунків для отримання інтегрованої оцінки якості. Алгоритм діяльності людини моделюється за допомогою теорії ерготехнічних систем проф. Губінського А. І.*

**Ключові слова:** інформаційне забезпечення, дорадництво, якість продукції, алгоритм діяльності, точка управління, нечітка логіка, база знань, функція належності.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Вступ України у СОТ гостро ставить проблему управління якістю продукції сільського господарства [1]. 22 липня 2014 року Верховна Рада ухвалила Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів» [2]. Він має посприяти активному запровадженню на вітчизняних підприємствах міжнародної системи контролю за безпечністю та якістю харчових продуктів – Hazard Analysis and Critical Control Points (НАССР). НАССР є науково-обґрунтованою системою, що дозволяє створити на підприємстві умови для виробництва безпечної продукції шляхом визначення (ідентифікації) і контролю небезпечних чинників. Система НАССР є єдиною системою управління безпечністю харчової продукції, яка довела свою ефективність і прийнята міжнародними організаціями [3].

В рамках інформаційного забезпечення управління якістю продукції АПК в масштабах області в роботі [4] були запропоновані рішення зі створення відповідних інформаційних систем для Сумської області. Дані дослідження проводились на базі інспекції якості продукції АПК при Сумській обласній державній адміністрації. Запропоновано (окрім АСУ "Якість продукції АПК") технологію створення служби консультування з питань якості. При функціонуванні такої служби часто доводиться вирішувати питання аналізу системи управління якістю підприємств і фірм. Не дивлячись на деяку теоретичну розробленість цього питання, ефективна методика для сільських підприємств відсутня. Пропонована В. Я. Поляк, А. І. Безруковим та ін. методика переводить методи НАССР в практичну площину і орієнтована на АПК [5]. Розробка дозволяє проаналізувати виробничий процес, систему його управління і інформаційне забезпечення ухвалення рішень. Мета аналізу: оцінити можливість досліджуваного виробництва випускати продукцію заданого рівня якості. У процесі такого аналізу, як правило, виявляються проблеми, що заважають випуску якісної продукції, відшукуються способи усунення цих проблем. Методика може бути корисною як при аудиті вже наявної системи якості, так і при проектуванні нової. На відміну від системи НАССР, в методиці розглядаються не тільки точки появи ризиків, але і всі точки ухвален-

ня рішень, що впливають на безпеку і якість продукції. Не дивлячись на велику практичну значущість розробки, очевидно, для того, щоб бути впровадженою в реальну практику дорадництва, вона має бути доповнена відповідними кількісними методами оцінки якості.

**Постановка задач дослідження.** Мета даної статті – розробка моделі бази знань впливу чинників на якість продукції сільськогосподарського виробництва. Виходячи з вищевказаного, сформулюємо основні задачі даної роботи:

- аналіз можливості створення обласних дорадчих служб з питань якості в АПК;
- практична апробація методики аналізу виробничого процесу та системи управління якістю в АПК на конкретному виробництві і дослідження перспективності її використання в дорадництві;
- розширення можливостей методу аналізу виробничого процесу за рахунок впровадження кількісних методів оцінки якості сільгосппродукції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Проведені на базі інспекції якості продукції АПК при Сумській обласній державній адміністрації дослідження дозволяють встановити:

- інспекція є центром збору інформації про якість всієї продукції АПК, що виробляється в області;
- впровадження системи [4] збору, обробки та аналізу інформації про якість дозволяє мати оперативну і повну інформацію, яку можна використовувати для розв'язання задач дорадництва;
- впровадження спеціальних баз даних, знань, алгоритмів моделювання процесів управління якістю дозволяють організувати процеси консультування.

Таким чином, за умови вирішення ряду юридичних та організаційних питань на базі інспекції можуть ефективно функціонувати служби дорадництва з питань якості в АПК.

Методика аналізу виробничого процесу та системи управління якістю в АПК для потреб дорадництва:

Крок 1. – формулювання вимог до безпеки і якості продукції, що випускається. Для цього продукт, перш за все, треба ідентифікувати – вказати його точну назву, використовувану в класифікаторах і нормативній документації. Потім з відпо-

відних нормативів виписуються вимоги до безпеки і якості продукції.

Крок 2 – аналіз впливових чинників. Для кожного показника досліджуються чинники, що впливають на нього, і причини, які можуть привести до невідповідності їх значень встановленим вимогам. Оцінюються ступінь впливу кожного чинника. Аналіз проводиться з використанням діаграм Ісикави та Парето.

Чинники класифікуються на: керовані (вплив яких можна компенсувати технологічними або управлінськими діями); передбачувані (вплив яких можна передбачити і понизити за рахунок заздалегідь прийнятих заходів) і непередбачувані. Для керованих факторів визначаються місця в виробничому процесі, в яких можлива компенсація дія. Для передбачуваних чинників вивчається можливість врахувати їх вплив при плануванні виробничого процесу, а для непередбачуваних – оцінюється їх дія на виробництво.

На жаль, в даному підході (використання діаграм Ісикави і Парето) можливості кількісних оцінок обмежені, тому вважаємо за необхідне розширити можливості підходу за рахунок моделювання ступеня впливу чинників на якість (див. п.5).

Крок 3 – аналіз точок управління. Точка управління – місце у виробничому процесі, в якому приймаються рішення про необхідність виробничих дій, їх параметри, об'єми, якості отриманого результату і так далі.

Вважається, що точка управління (ТУ) задана, якщо відомі:

- особа, що ухвалює рішення,
- мета і місце ТУ в системі управління виробництвом.

Важливим атрибутом ТУ є список можливих альтернатив. Для кожної альтернативи мають бути вказані правила або рекомендації її вибору, спосіб реалізації і необхідні ресурси. При аналізі ТУ визначається: наскільки вказаний спосіб є таким, що реалізується в умовах підприємства, чи є в наявності вказані ресурси і чи може особа, що приймає рішення, ними маніпулювати (особливо в збірних ситуаціях). Готується висновок про готовність підприємства реалізувати будь-яке з перерахованих в даній ТУ рішень. Далі при оцінці ефективності системи якості знадобляться оцінки втрат, що виникають, якщо вибір був невірним, а також статистичні частоти або вірогідність вибору альтернатив.

Крок 4 – аналіз взаємодії окремих ТУ в системі управління. Розглянемо (В.Я.Поляк, А.І. Безруков) приклад взаємозв'язку ТУ при прийманні молочної сировини. Приймаючи сировину, робітник-приймальник (перша ТУ) керується інструкцією: «Якщо кислотність, засміченість і клас редуцтазимолока відповідають вимогам, молоко приймається і прямує на переробку (технологія 1). Якщо ні, приймальник доповідає майстрові». Майстер (друга ТУ) оцінює, наскільки характерис-

тики сировини відрізняються від потрібних і чи можна цю сировину все-таки переробити за першою технологією, якщо змінити режим переробки. При цьому він бере відповідальність на себе. Якщо цього зробити не можна, майстер доповідає начальникові виробництва. Той (третя ТУ) оцінює можливість переробки сировини якимось іншим способом, а якщо це неможливо, повертає сировину постачальникові або утилізує її. Про кожен випадок невідповідності сировини повідомляється в маркетингову службу підприємства. Служба (четверта ТУ) аналізує ці дані і ухвалює оперативні рішення по взаємодії з постачальниками. Узагальнююча інформація про якість і ритмічність постачань сировини подається адміністрації, яка (п'ята ТУ) ухвалює рішення про стратегію взаємодії з постачальниками.

Даний крок також виконується, на жаль, на рівні якісних оцінок. Вважаємо за необхідне моделювати діяльність людини-оператора, що виконує алгоритми діяльності, так, щоб оцінити: вірогідність безпомилкового виконання; вірогідність своєчасного виконання.

Для цього проводимо опис діяльності за допомогою теорії ерготехнічних систем проф. Губінського А.І. [6]. Використання програмного забезпечення моделювання таких структур [8] дозволяє отримувати відповідні оцінки.

Крок 5 – дослідження системи інформаційного забезпечення ухвалення рішень. Аналіз системи ТУ дозволив сформулювати набір вимог до інформації, необхідної для ухвалення рішень. Щоб визначити, чи задовольняє система даним вимогам, слід з'ясувати: з яких джерел може бути отримана необхідна інформація; яким способом вона буде доставлена особі, що приймає рішення; чи може дане джерело забезпечити всі вимоги до інформації? Джерелами інформації можуть бути: нормативні і методичні документи; робочі журнали, а також результати інструментального контролю.

Для 2-го кроку великою проблемою залишається оцінка впливу чинників на якість продукції. У зв'язку з нечіткістю і лінгвістичністю багатьох чинників пропонується наступний підхід, заснований на нечіткій логіці.

Задачу сформулюємо таким чином. Визначити деяке правило виводу, за допомогою якого за значеннями параметрів конкретного виробництва можна отримати прогностичну оцінку якості.

Моделювання проводитимемо за принципами [7]:

1. Принцип лінгвістичності параметрів. Якість (вихідна змінна) і параметри технології (вхідні змінні) розглядаються як лінгвістичні змінні (ЛП) з якісними термами.

2. Принцип урахування впливових чинників за допомогою нечітких висловів. Вплив чинників на якість враховується за допомогою процедур нечіткого логічного виводу, які спираються на базу знань. Таким чином, зв'язки між параметра-

ми технології і оцінкою якості можна описати на природній мові, а потім формалізувати у вигляді нечітких логічних висловів типу «якщо – то, інакше». Особливістю нечіткого логічного виводу є те, що загальна кількість таких правил-знань, необхідних для адекватного прогнозування, значно менше повного перебору. Сукупність висловів «якщо – то, інакше» розглядається як набір точок в просторі «значення чинників – якість». По цих значеннях з використанням нечіткого логічного виводу можна відновити поверхню, що дає можливість оцінити якість по таких параметрах, інформація про яких в базі відсутня.

3. Принцип ієрархічності оцінок якості. Використання цього принципу дозволяє подолати «прокляття розмірності». При великій кількості параметрів побудова системи висловів про зв'язки «рівень параметрів - інтегрована оцінка якості» стає складним завданням. Це пов'язаний з тим, що в оперативній пам'яті людини одночасно може утримуватися не більше  $7 \pm 2$  понять. У зв'язку з цим є сенс провести класифікацію вхідних параметрів і по ній побудувати дерево виводу, яке задає систему вкладених одне в одне висловів - знань меншої розмірності. При побудові дерева виводу необхідно намагатись, щоб кількість аргументів на кожному рівні задовольняла правилу « $7 \pm 2$ ».

Базою знань про вплив чинників  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  на якість  $q$  є наступна система логічних висловів:

Якщо  $(x_1 = a_1^{11})$  та  $(x_2 = a_2^{11})$  та ... та  $(x_n = a_n^{11})$  або  $(x_1 = a_1^{12})$  та  $(x_2 = a_2^{12})$  та ... та  $(x_n = a_n^{12})$  або,  $(x_1 = a_1^{1k_1})$  та  $(x_2 = a_2^{1k_1})$  та ... та  $(x_n = a_n^{1k_1})$ , то  $q = l_1$ , інакше

якщо  $(x_1 = a_1^{21})$  та  $(x_2 = a_2^{21})$  та ... та  $(x_n = a_n^{21})$  або  $(x_1 = a_1^{22})$  та  $(x_2 = a_2^{22})$  та ... та  $(x_n = a_n^{22})$  або,  $(x_1 = a_1^{2k_2})$  та  $(x_2 = a_2^{2k_2})$  та ... та  $(x_n = a_n^{2k_2})$ , то  $q = l_2$ , інакше

якщо  $(x_1 = a_1^{m1})$  та  $(x_2 = a_2^{m1})$  та ... та  $(x_n = a_n^{m1})$  або  $(x_1 = a_1^{m2})$  та  $(x_2 = a_2^{m2})$  та ... та  $(x_n = a_n^{m2})$  або,  $(x_1 = a_1^{mk_m})$  та  $(x_2 = a_2^{mk_m})$  та ... та  $(x_n = a_n^{mk_m})$ , то  $q = l_m$ , (1)

де  $l_j (j = \overline{1, m})$  - лінгвістична оцінка параметра  $q$ , яка вибирається з терм-множини  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ ;

$a_i^{jp}$  - лінгвістична оцінка чинника  $x_i$ , яка вибирається з терм-множини;

$L_{x_i} = \{l_i^1, l_i^2, \dots, l_i^{m_i}\}$  у  $j$ -ій диз'юнкції  $(i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, p = \overline{1, k_j})$ ;

$k_j$  - кількість правил, які визначають значення параметра.

Таким чином, систему можна записати у ви-

гляді:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jp}) \right] \rightarrow q = l_j, \quad j = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Формування початкових даних:

Для вирішення задачі необхідно задати наступну інформацію про якість:

- діапазон зміни параметра;

- терм-множина лінгвістичних оцінок параметра  $q: L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ ;

- множина чинників  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , які впливають на значення параметра  $q$  в діапазоні  $[q, \bar{q}]$ ;

- терм-множина для лінгвістичних чинників:  $L_{x_i} = \{l_i^1, l_i^2, \dots, l_i^{m_i}\}$  ( $i = \overline{1, n}$ );

- універсальні множини для нечіткої оцінки чинників:  $x_i \in U_i (i = \overline{1, n})$ ;

- функції належності факторів лінгвістичним термам;

- база знань (1) про вплив чинників  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  на значення параметра  $q$ ;

- вектор поточних значень, які впливають на якість:  $X^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\}$ , де  $x_i^* \in U_i (i = \overline{1, n})$ .

Алгоритм розрахунків:

Крок 1. Позначити:  $\mu_{a_i^{jp}}(x_i)$  - функції належності термів для чинників  $x_i \in U_i (i = \overline{1, n})$ ,  $\mu_j(q)$  - функції належності термів для параметра якості  $q$ .

Крок 2. У базі знань (1) змінити нечіткі значення чинників  $x_i \div x_n$  і параметра  $q$  відповідними функціям належності. Операції  $\cup$  і  $\cap$  замінити операціями  $\vee$  і  $\wedge$ :

$$\mu_j(q) = \bigvee_{p=1}^{k_j} \bigwedge_{i=1}^n \mu_{a_i^{jp}}(x_i), \quad j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Крок 3. Визначення ступеня приналежності значень параметра  $q$  до лінгвістичних термів  $l_j (j = \overline{1, m})$ :

$$\mu_j(q) = \bigvee_{p=1}^{k_j} \bigwedge_{i=1}^n \sup_{U_i} \left( \mu_{a_i^{jp}}(x_i) \wedge \mu_{x_i^*}(x_i) \right), \quad (4)$$

де операції  $\vee$  і  $\wedge$  ототожнюються з операціями  $\min$  і  $\max$ , відповідно.

Крок 4. Вибирається терм  $l^*$ , для якого виконується співвідношення:

$$\mu_{l^*}(q) = \max(\mu_{l_1}(q), \mu_{l_2}(q), \dots, \mu_{l_m}(q)). \quad (5)$$

Отже за формулою (5), отримуємо інтегровану оцінку якості.

Таким чином, комп'ютерна реалізація даної моделі дозволяє вирішувати головну для діяльності дорадника задачу типу: «ЩО БУДЕ, ЯКЩО». Інтеграція розроблених моделей в систему [4] дозволить значно покращити якість дорадчих послуг.

**Висновки.** Даний підхід і отримані математичні моделі дозволяють оцінити систему управління якістю продукції АПК, використовуються при процедурі аналізу проблем конкретних виро-

бництв і при реалізації процедур консультування | в сільському господарстві.

### **Список використаної літератури:**

1. Кваша, С. Конкуренентоспроможність вітчизняної аграрної продукції в умовах вступу України до СОТ [Текст] / С. Кваша, О. Лука // Економіка України. – 2003. – №10. С.79–86.
2. Закон України "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів" от 22.07.2014 № 1602-VII
3. Система НАССР. Довідник – Львів: Леонорм, 2003 р. – 218 с.
4. Лаврова, В.П. Информационная система для управления качеством продукции АПК [Текст] / В. П. Лаврова// Materials International Scientific Conference "UNITECH '05" is organized by the Technical University of Gabrovo under the motto, 24-25 November 2005, Gabrovo, Bulgaria. Т III. – Gabrovo: University Publishing House "V.APRILOV", 2005. – Р.р. 190–192.
5. Поляк, В. Управление качеством на предприятии АПК: методика и результаты анализа [Текст] / А. Безруков, А. Зельцер и др. // Стандарты и качество, 2002. №7. – С. 72 – 77.
6. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А. И. Губинский. – Л.: Наука, 1982. – 270 с.
7. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткая надежность алгоритмических процес сов [Текст] / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба. – Винница : Континент-ПРИМ, 1997. – 142с.
8. Лавров Є. А., Пасько Н. Б. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма «Комп'ютерна технологія моделювання дискретної людино-машинної взаємодії», № 45262, 21.08.2012.

### **Лавров Е. А., Пасько Н. Б., Курило А. А., Барченко Н. Л. Математические модели для задач управления качеством производством продукции сельскохозяйственного производства**

*Предложены математические модели для анализа производственного процесса и системы управления качеством в АПК для потребностей дорадництва. Задача прогнозирования качества сформулирована на основе нечеткой логики. Разработана модель базы знаний влияния факторов на качество. Алгоритм деятельности человека моделируется с помощью теории эрготехнических систем проф. Губинского А. И. Разработан алгоритм расчетов для определения интегрированной оценки качества.*

**Ключевые слова:** *информационное обеспечение, дорадничество, качество продукции, алгоритм деятельности, точка управления, нечеткая логика, база знаний, функция принадлежности.*

### **Lavrov E., Pasko N., Kurylo A., Barchenko N. Mathematical model for the task of managing the quality of agricultural production**

*The method of analysis of the production process and quality control system in agriculture for the purpose of extension. The first step of the analysis –identification of product produced. Then formulate safety requirements and product quality. For each indicator of product quality assessing the influence of each factor. Used Ishikawa and Pareto diagrams. Factors classified into manageable, predictable and unpredictable. Use Ishikawa diagrams and Pareto has limited capacity quantitative of evaluation. Opportunities are expanding approach due to modeling degree influence factors quality.*

*It is proposed to simulate the activity of the human operator performing algorithms activity, to assess the probability of error-free execution and likelihood of timely execution. Description of activities performed using ergotechnical systems theory of Professor A.I. Gubinsky. Proposed software to simulate and evaluate algorithms work.*

*In step analysis of influential factors offered approach based on fuzzy logic. The problem of forecasting quality based on fuzzy logic, which is to determine the output rule by which the values of specific production parameters can be predictive quality assessment. Simulations conducted on the principles linguistic parameters into account influential factors using fuzzy expressions hierarchy assessments of quality. The model bases and knowledge to influence factors quality. The knowledge base is formed as a system of logical expressions. Linguistic evaluation of the quality of the selected term-set. To solve the problem given information about the quality, range of quality adjustments; term-set language parameter estimates, a set of factors that influence the value of money and so on. The algorithm of calculations for the integrated evaluation quality is designed. The mathematical model to estimate Quality Management System of Agricultural Products. Models used in the analysis procedure specific production problems and the implementation of consultation procedures in agriculture.*

**Keywords:** *information provision, product quality, algorithm, management point, fuzzy logic, knowledge base, membership function.*

Дата надходження до редакції: 18.03.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.