

УДК 658.562.012.7

## ОЦІНЮВАННЯ ЗАДОВОЛЕНOSTІ СПОЖИВАЧІВ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ ТА ВИРОБЛЕННЯ СПОСОБІВ Я ЇЇ ПОЛІПШЕННЯ

© Козак Ореста, Бойко Оксана, Гунькало Алла, 2011

Національний університет “Львівська політехніка”,  
вул. С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

*Розроблено порядок оцінювання міри задоволеності споживачів якістю продукції з використанням алгоритму нечіткого логічного виведення Мамдані, який дає змогу спрогнозувати вплив зміни показників якості на якість продукції загалом і задоволеність нею споживачів.*

*Разработан порядок оценивания меры удовлетворенности потребителей качеством продукции с использованием алгоритма нечеткого логического вывода Мамдани, который позволяет спрогнозировать влияние изменения показателей качества на качество продукции в целом и удовлетворенность ею потребителей.*

*Developed the assessment order of consumers satisfaction by product quality using fuzzy inference algorithm of Mamdani, which enables to predict the impact of quality indicators changes on quality of product in general and customer satisfaction of product quality.*

**Вступ.** Важливу роль для забезпечення та поліпшення якості продукції відіграє систематичне вивчення та постійний контроль за рівнем задоволення наявних і потенційних споживачів, виявлення їхніх вимог та очікувань щодо властивостей і характеристик продукції. Визначивши думку споживачів, можна оцінити, наскільки їх задовольняє якість конкретної продукції, встановити, які з показників якості доцільно поліпшити першочергово, дослідити, як покращення окремих показників якості вплине на якість продукції загалом.

**Мета досліджень** – виявити можливість застосування методів нечіткої логіки, зокрема нечіткого логічного виведення Мамдані, для оцінювання міри задоволеності споживачів якістю продукції та прогнозування впливу зміни показників якості на якість продукції загалом і задоволеність нею споживачів. Ця інформація є важливою для підприємств, що хочуть поліпшувати якість продукції, яку вони виготовляють, і підвищувати задоволеність вимог та очікувань споживачів своєї продукції.

**Аналіз досліджень.** Для оцінювання задоволеності споживачів якістю продукції пропонуємо реалізувати такі етапи:

- формування бази даних із результатами опитування споживачів щодо міри їх задоволеності якістю продукції;
- побудова бази знань за результатами опитування;
- визначення міри задоволеності опитаних споживачів продукцією;
- прогнозування зміни задоволеності споживачів продукцією у разі поліпшення окремих показників якості з використанням алгоритму нечіткого логічного виведення Мамдані;
- формулювання рекомендацій виробнику цієї продукції щодо того, які показники найдоцільніше поліпшувати на певному етапі.

Для формування бази даних із результатами опитування споживачів проводять їх анкетування із використанням програми, розробленої за допомогою системи управління базами даних (СУБД) Access, яка дає змогу зберігати результати опитування у базі знань ІС. Під час анкетування споживачам пропонується вказати міру їх задоволеності якістю окремих показників (рис. 1) та якістю продукції загалом (рис. 2). На основі отриманих даних формують таблицю (табл. 1), в яку вносять відповіді споживачів відносно міри задоволеності у вигляді, зручному для імпортування у базу знань ІС.

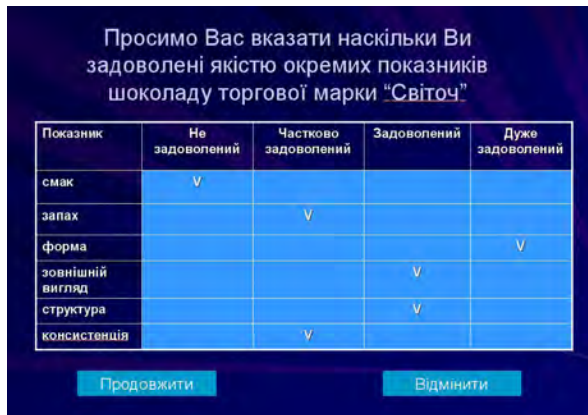


Рис.1. Вікно внесення даних про задоволеність споживачів окремими показниками якості продукції

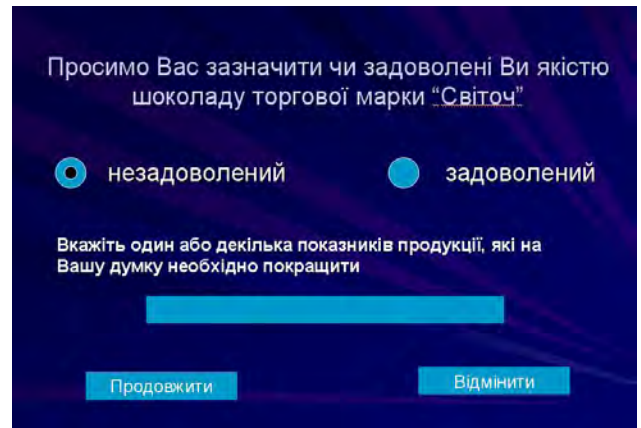


Рис. 2. Вікно внесення даних про задоволеність споживачів продукцією

Таблиця 1

Результати опитування споживачів щодо їх задоволеності якістю продукції

	Показник 1	Показник 2	Показник 3	...	Показник n	Продукція
Споживач 1	не задоволений	задоволений	дуже задоволений		задоволений	задоволений
Споживач 2	не задоволений	частково задоволений	задоволений		задоволений	не задоволений
...						
Споживач n	задоволений	дуже задоволений	частково задоволений		дуже задоволений	задоволений

База знань є ядром механізму логічного виведення і містить лінгвістичні правила:

**якщо** <показник 1 =  $T_1^1$ > і <показник 2 =  $T_2^1$ > і ... <показник n =  $T_n^1$ >  
**то** < $y = D_y^1$ > ,

**якщо** <показник 1 =  $T_1^2$ > і <показник 2 =  $T_2^2$ > і ... <показник n =  $T_n^2$ >  
**то** < $y = D_y^2$ > ,

...

**якщо** <показник 1 =  $T_1^i$ > і <показник 2 =  $T_2^i$ > і ... <показник n =  $T_n^i$ >  
**то** < $y = D_y^i$ > .

Нечітку базу знань можна записати так [1]:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left( \bigcap_{i=1}^n x_i = T_{i,jp} \quad \text{з вагою } w_{jp} \right) \rightarrow y = D_j$$

де  $\mathbf{U}$  – нечітка логічна операція АБО;  $\mathbf{I}$  – нечітка логічна операція І;  $w_{jp} \in [0,1]$  – ваговий коефіцієнт правила з номером  $jp$ .

Нечітке логічне виведення визначає відображення вектора вхідних даних у скалярне вихідне значення за

допомогою бази знань. Систему нечіткого логічного виведення загалом можна описати трьома основними компонентами: фазифікатором, механізмом логічного виведення та дефазифікатором.

Відмінною рисою нечіткого логічного виведення є те, що послідовність виконання правил не впливає на результат – правила виконуються паралельно.

Для опрацювання результатів розроблено програму з використанням Matlab [2]. Структура нечіткого виведення в Matlab має вигляд, зображений на рис. 3.

Вхідні змінні є лінгвістичними змінними з термножиною  $T_x = \{ \text{„не задоволений“}, \text{„частково задоволений“}, \text{„задоволений“}, \text{„дуже задоволений“} \}$ . Вихідна змінна є лінгвістичною змінною з термножиною  $D = \{ \text{„не задоволений“}, \text{„задоволений“} \}$ .

Міру належності вхідного вектора  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  нечітким термам  $d_j$  з бази знань обчислюємо за формулою

$$m_{d_j}(X) = \bigcup_{p=1}^{k_j} w_{jp} \left( \bigcap_{i=1}^n m_{jp}(x_i) \right), j=1 \dots m. (1)$$

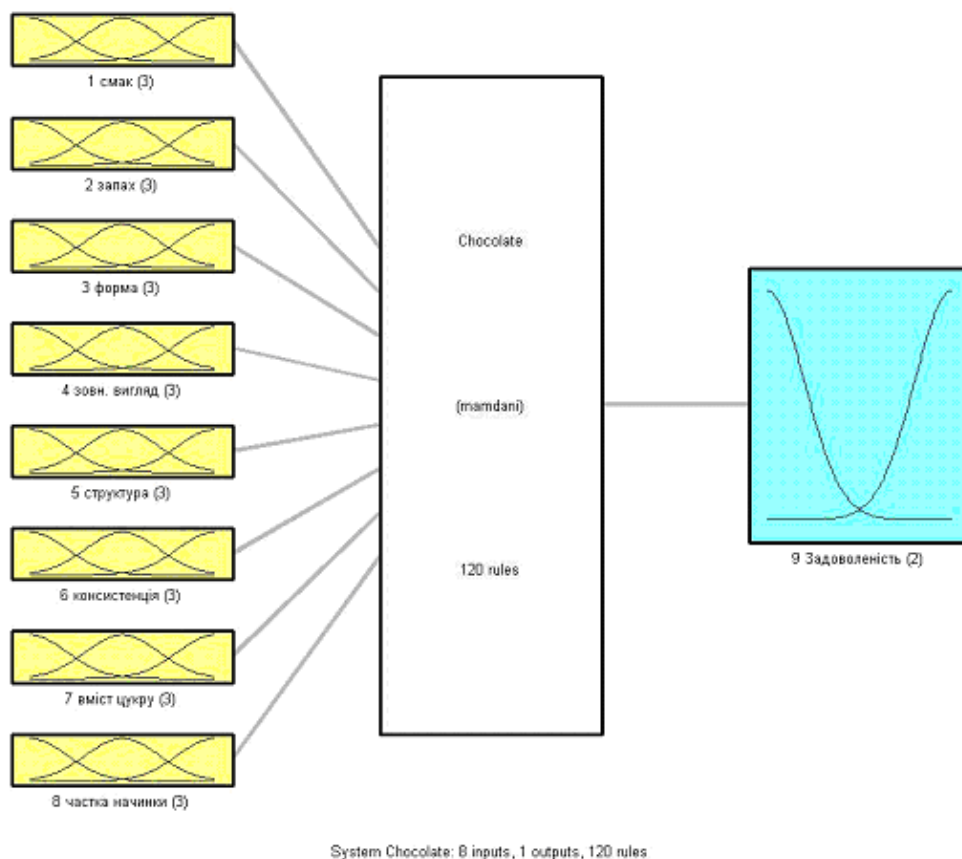


Рис. 3. Структура нечіткого виведення Мамдані в програмі Matlab

У результаті отримаємо нечітку множину, що відповідає вхідному вектору  $X$

$$y = \left\{ \frac{m_{d1}(X)}{d_1}; \frac{m_{d2}(X)}{d_2}; \frac{m_{d3}(X)}{d_3}; \dots; \frac{m_{dn}(X)}{d_n} \right\}. \quad (2)$$

Дефазифікатор відображає нечітку множину виведення у чітке число, яке і є результатом системи нечіткого логічного виведення для заданих вхідних значень. Тобто діапазон вихідних значень дефазифікатор перетворює на одне числове значення, зручне для подальшого використання. На практиці користуються такими поширеними методами дефазифікації: центра мас, медіани, найбільшого із максимумів, найменшого із максимумів, середнього з максимумів [3]. Ми здійснювали дефазифікацію за методом “центра мас”.

Для автоматизації опрацювання даних результати опитування з бази даних імпортують у базу знань нечіткої системи.

Для аналізу залежностей між вхідними змінними та вихідною змінною у Matlab реалізовано можливість

її візуального подання у вигляді тривимірного графіка. На рис. 4 і 5 зображено поверхні “входи–вихід”, що відповідають синтезованій нечіткій системі.

Для візуального подання результатів опитування виводиться діаграма, яка відображає міру задоволеності споживачів окремими показниками якості аналізованої продукції (рис. 6).

Для того, щоб знайти сособи поліпшення якості продукції, спочатку визначаємо показники з найбільшим коефіцієнтом важливості та найменшим рівнем задоволеності, щоб поліпшити їх першочергово.

Розроблена програма в Matlab реалізує алгоритм нечіткого виведення Мамдані, який дає змогу дослідити, як поліпшення показників якості продукції впливає на задоволеність споживачів якістю продукції загалом. Для цього поліпшуємо значення вибраних показників і знаходимо значення вихідної функції узагальненого показника якості.

Ввівши у базу даних інформацію про витрати, необхідні для поліпшення кожного з показників якості, можна визначити отриманий ефект.

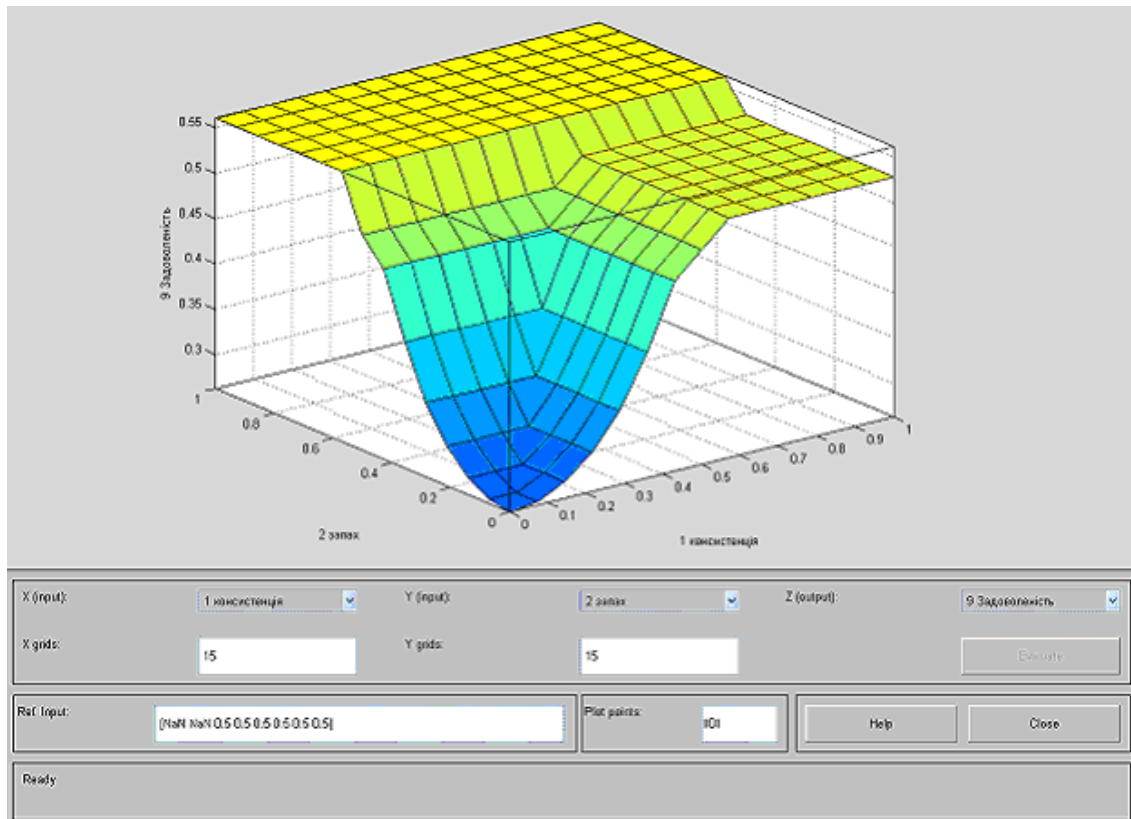


Рис. 4. Залежність вихідної характеристики від запаху та консистенції продукції

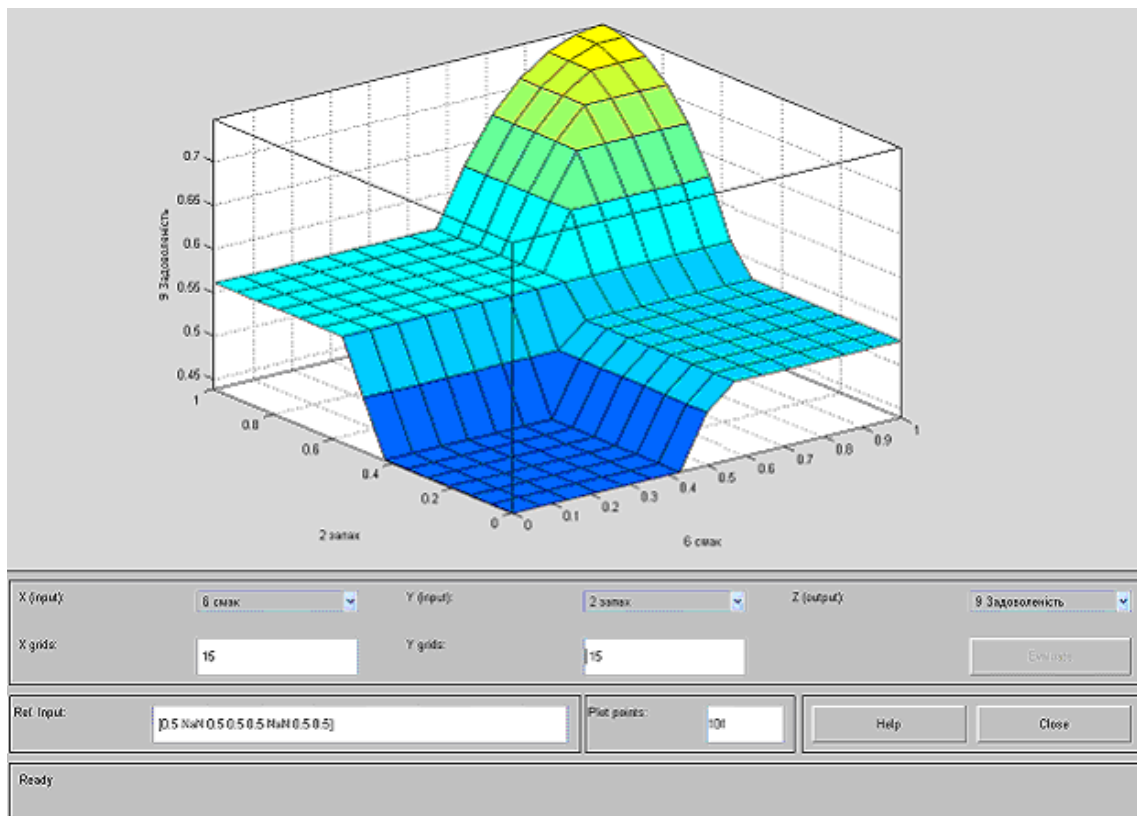


Рис. 5. Залежність вихідної характеристики від запаху та смаку продукції

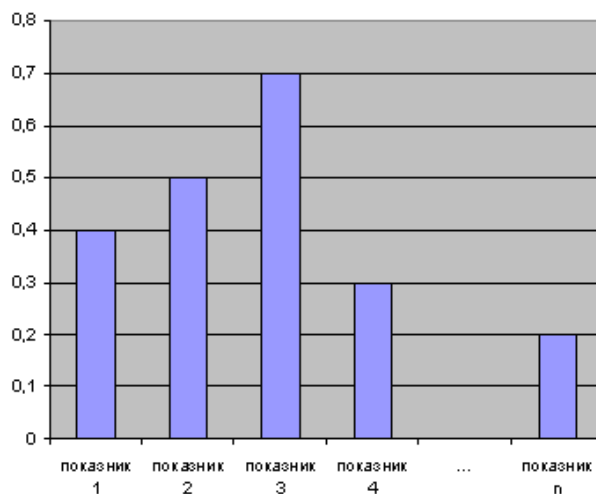


Рис. 6. Мiра задоволеностi споживачiв окремими показниками якостi продукцiї

Ефект вiд полiпшення якостi продукцiї пропонуємо розрахувати за формулою

$$E = \frac{K - K_0}{\Delta C_i}, \quad (3)$$

де  $K$  – значення узагальненого показника якостi продукцiї пiсля полiпшення  $i$ -го одиничного показника якостi;  $K_0$  – початкове значення узагальненого показника якостi продукцiї;  $\Delta C_i$  – витрати на полiпшення  $i$ -го одиничного показника якостi.

У результатi нечiткого логiчного виведення отримуємо результати, в яких вiдображено, як полiпшення окремих показникiв якостi впливає на вихiдну характеристику.

**Висновки.** Розроблена в Matlab програма, реалiзує алгоритм нечiткого виведення Мамданi, який дає змогу дослiдити, як полiпшення показникiв якостi продукцiї впливає на задоволенiсть споживачiв якiстю продукцiї загалом.

1. Коваль А.А. Логiко-лiнгвiстичнi моделi в нечiтких системах / Коваль А.А. // Проблеми програмування. – 2008. – № 2–3. С. 375 – 378.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / [А.В. Леоненков]. – БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
3. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей / [Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П.]. – Рига: Зинатне, 1991. – 162 с.