

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

САВЧУК ОЛЬГА ВІКТОРІВНА

УДК 681.324

**АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ БАГАТОАСОРТИМЕНТНИМ
ВИРОБНИЦТВОМ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ
КОГНІТИВНОГО ПІДХОДУ**

Спеціальність 05.13.07 Автоматизація процесів керування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Ладанюк Анатолій Петрович,
Національний університет харчових технологій, м.
Київ,
завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних
систем керування,
заслужений діяч науки і техніки України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Казак Василь Миколайович,
Національний авіаційний університет, м. Київ,
директор навчально-наукового центру новітніх
технологій

кандидат технічних наук, доцент
Ладієва Леся Ростиславівна,
Національний технічний університет України “КПІ”,
м. Київ,
доцент кафедри автоматизації хімічних виробництв

Захист відбудеться « 17 » грудня 2015 року о 15-й годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.058.05 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, ауд. А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «12» листопада 2015 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
К 26.058.05,
к. т. н., доцент



О. М. М'якшило

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Ефективне функціонування технологічного комплексу багатоасортиментного виробництва в сучасних умовах об'єктивно потребує перспектив адаптації до постійних змін у зовнішньому конкурентному середовищі, що вимагає використання новітніх підходів, які поєднують сучасну теорію управління та інтелектуальні технології. В автоматизованій системі управління повинні вирішуватися задачі гнучкого формування номенклатури та планових показників виробництва на основі дослідження ринків збуту, а також враховуватися енергоощадні технології для зменшення собівартості продукції.

Враховуючи аналіз стану багатоасортиментного виробництва молочної продукції, виникає необхідність вдосконалення автоматизованої системи управління на базі когнітивного підходу, що дозволить комплексно оцінювати техніко-економічні показники функціонування технологічного комплексу молочного заводу (ТКМЗ) з урахуванням зовнішніх факторів та формувати обґрунтовані тактики стратегічного управління в конкретній ситуації. В технічній літературі можливість застосування когнітивного підходу для багатоасортиментного виробництва молочної продукції практично не досліджено, що визначає тему дисертаційної роботи - актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана згідно з планом науково-дослідних робіт кафедр автоматизації процесів управління та автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету харчових технологій «Розробити основи ресурсоощадного інтелектуального керування біотехнологічними процесами з використанням багатоагентних сценарно-когнітивних моделей» (номер державної реєстрації 0107U000223), «Наукові основи створення автоматизованих систем управління для комп'ютерно-інтегрованих виробництв харчової промисловості» (номер державної реєстрації 0112U001496) та «Розроблення ефективних структур управління біотехнологічними комплексами в класі організаційно-технологічних систем» (номер державної реєстрації 0109U008311).

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування (підвищення техніко-економічних показників, мінімізація витрат енергетичних ресурсів) багатоасортиментного виробництва молочної продукції шляхом удосконалення системи автоматизації за рахунок використання методів когнітивного підходу.

Основні задачі дослідження:

- здійснити системно-технічний аналіз ТКМЗ і показників його функціонування;
- розробити структуру нечіткої когнітивної карти (НКК) управління молочним заводом з урахуванням експертних оцінок та провести аналіз НКК з метою виділення цільових факторів для оцінки ефективності ТКМЗ;
- розробити методику адаптивного формування матриці взаємовпливу концептів НКК на основі узгоджених експертних рішень за рахунок використання нечіткої нейронної мережі;

- провести сценарно-когнітивне моделювання із подальшим створенням на його основі нейронної мережі вирішення асортиментної задачі молочного заводу;
- розробити систему енергоефективного управління технологічним обладнанням молочного заводу на основі зонності обліку електроенергії;
- з урахуванням особливостей функціонування окремих технологічних агрегатів (режим стабілізації та “пуск/зупинка”), сформувавши функціональну структуру автоматизованої системи управління;
- розробити структуру та алгоритм роботи системи підтримки прийняття рішень (СППР) управління молочним заводом із використанням сценарно-когнітивного моделювання та нейронної мережі енергоефективного управління технологічним обладнанням;
- розробити інтелектуальну підсистему підтримки прийняття рішень системи управління ТКМЗ, що дає можливість планувати найбільш прибутковий асортимент продукції на основі експертних оцінок та за допомогою нейронних мереж визначати енергоефективну стратегію використання технологічного обладнання, виходячи із попередньо спланованого когнітивними картами асортименту;
- створити структуру та розробити алгоритмічне і програмне забезпечення автоматизованої системи управління ТКМЗ на основі проведених досліджень з використанням методів сценарно-когнітивного моделювання;
- дослідити розроблені структуру та алгоритми за допомогою комп’ютерного моделювання та в виробничих умовах.

Об’єктом дослідження є показники функціонування ТКМЗ.

Предметом дослідження є методи, алгоритми, принципи, які покладені в основу створення інтелектуальних підсистем підтримки прийняття рішень в системі автоматизованого управління процесом виробництва молочної продукції.

Методи досліджень. В основу досліджень покладено методи сучасної теорії автоматичного керування, системного аналізу, оптимізації, математичного моделювання, нечіткої логіки, алгоритми та методи, що забезпечують мінімізацію витрат енергетичних ресурсів.

Наукова новизна

- вперше запропоновано можливість та ефективно використання когнітивного підходу до автоматизованого управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції в класі слабоструктурованих організаційно-технологічних систем;
- вперше розроблена методика адаптивного формування матриці взаємного впливу концептів НКК молочного заводу на основі використання нечіткої нейронної мережі для оцінки ефективності функціонування ТКМЗ;
- удосконалено систему автоматизації багатоасортиментного виробництва молочної продукції, що у комплексі з запропонованим програмним забезпеченням підвищує техніко-економічні показники функціонування ТКМЗ за рахунок автоматизованої інтерпретації та використанні експертних оцінок при аналізі проблемних ситуацій;

- удосконалено СППР системи управління ТКМЗ на основі сценарно-когнітивного моделювання, що дає можливість підвищити рентабельність виробництва з урахуванням асортименту та визначити енергоефективну стратегію функціонування обладнання;
- знайшли подальший розвиток застосування підходи до побудови системи автоматизації для багатоасортиментного виробництва молочної продукції з використанням когнітивного підходу, що дає можливість підвищити ефективність функціонування окремих технологічних агрегатів (враховуючи режими стабілізації, "пуск/зупинка") та ТКМЗ в цілому.

Практичне значення та реалізація одержаних результатів. Одержані результати досліджень можуть бути використані в процесі проектування, розробки та впровадження нових та модернізації існуючих систем автоматизації багатоасортиментного виробництва в харчовій промисловості. Практичне значення результатів роботи підтверджено довідками про можливість їх використання на ПАТ "Обухівський молочний завод" та використання в навчальному процесі при підготовці фахівців з напрямку «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались і обговорювались на наукових конференціях Національного університету харчових технологій у 2008-2015 рр.; міжнародних конференціях з автоматичного управління, зокрема "Автоматика-2009" (Чернівці), "Автоматика-2010" (Харків) та ін.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 15 друкованих праць, в яких викладено основний зміст виконаних досліджень, з них 2 статті в міжнародному журналі, 4 статті в фахових виданнях та 9 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та об'єм дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, списку літератури з 147 найменувань і додатків. Повний обсяг дисертації 240 стор., із яких основний зміст викладено на 155 стор. друкованого тексту, містить 57 рисунків, 7 таблиць та 13 додатків.

Особистий внесок у розробку наукових результатів. Усі основні положення та результати дисертаційної роботи, що захищаються, одержані автором самостійно. У наведених публікаціях здобувачем виконано наступне: в [1,7,8,9] запропоновано новий підхід до моделювання та управління слабоструктурованими організаційно-технологічними системами; в [2,5,10,11] проведено когнітивний аналіз системи інформаційного забезпечення молокопереробного підприємства та розроблена когнітивна модель молочного заводу; в [3,12,13] викладена методики адаптивного формування матриці взаємного впливу концептів нечіткої когнітивної карти молочного заводу на основі використання нечіткої нейронної мережі та результати сценарно-когнітивного моделювання для оцінки ефективності функціонування ТКМЗ молочного заводу; в [4] наведено особливості ТК в класі нестационарних систем; в [6,14,15] розроблена система підтримки прийняття рішень ТКМЗ на основі ситуаційно-когнітивного моделювання в умовах невизначеності.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Показана актуальність теми дисертаційної роботи, яка зумовлена необхідністю удосконалення систем управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції на основі когнітивного підходу для підвищення ефективності його функціонування в умовах невизначеності. Наведено дані про зв'язок досліджень за темою дисертаційної роботи з науковими програмами, планами і темами Національного університету харчових технологій. Визначено об'єкт та предмет досліджень, сформульовано мету та задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Наведено інформацію про структуру та об'єм роботи, публікації та особистий внесок автора дисертації, а також про авторів подібних досліджень.

В першому розділі наведено загальну характеристику ТКМЗ як складної системи, аналіз існуючих розробок та методів використання когнітивного підходу, визначено перспективні шляхи вдосконалення системи управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції, що працює в умовах невизначеності.

Узагальнено результати робіт в області багатоасортиментного виробництва таких вчених, як Ладанюк А.П., Савченко Т.В., Івашук В.В., Ельперін І.В., Кафаров В.В., Макаров В.В., Мешалкін В.П. та ін.

Характерною особливістю молочного виробництва є широка номенклатура продукції, яка залежить від об'єктивних факторів: скорочені строки реалізації; залежність від якості сировини; залежність від місцезнаходження сировини; зміни асортименту продукції в залежності від попиту. Внаслідок швидкої зміни ситуації, управління ТКМЗ при дії великої кількості зовнішніх та внутрішніх факторів стикається з труднощами, що обумовлені необхідністю оперативного прийняття керувальних рішень в умовах невизначеності, дефіциту ресурсів та виникнення можливих нештатних ситуацій. У зв'язку з цим для молочного виробництва доцільним є впровадження не лише традиційних систем автоматизованого управління певними технологічними процесами, але й розробка інформаційної системи управління виробництвом з прогнозуванням прибутку.

Аналіз структури ТКМЗ та особливостей його функціонування показав, що ТКМЗ визначено як складний об'єкт в класі слабоструктурованих організаційно-технологічних(технічних) систем. Для побудови структури управління ТКМЗ виділено підсистеми та визначено їх технологічне оснащення з метою оптимізації технологічних режимів агрегатів.

В технічній літературі одним з найбільш ефективних підходів до дослідження слабоструктурованих систем є використання когнітивного підходу, в основі якого лежить математичний апарат НКК. Проблеми когнітивного підходу досліджували відомі вчені: Р. Аксельрод, Б. Коско, А.А. Кулінич, В.І. Максимов, Н. А. Абрамова, З. К. Авдєєва та ін.

Для багатоасортиментного виробництва молочної продукції особливу роль має визначення ефективної стратегії управління виробництвом за рахунок удосконалення систем автоматизації шляхом використання алгоритмів, процедур, методів когнітивного підходу. Враховуючи аналіз інформаційних джерел, дослідженню когнітивного підходу приділяється значна увага

вітчизняних та зарубіжних вчених, але науково-технічних розробок щодо використання когнітивного підходу для ТКМЗ не існує.

У другому розділі викладено концептуальні основи створення автоматизованої системи управління ТКМЗ. Проведено техніко-економічний аналіз функціонування ТКМЗ, який виявив ряд характерних ознак: висока вартість сировини в структурі собівартості продукції, сезонність виробництва деяких видів продукції, необхідність забезпечення мінімальних втрат цільового продукту при зростаючій вартості енергетичних ресурсів; обмежений термін зберігання сировини та продукції.

В результаті аналізу, ТКМЗ визначено як складну організаційно-технологічну(технічну) систему взаємопов'язаних елементів, які спільно функціонують для досягнення основної мети з забезпечення отримання максимального прибутку в межах певних витрат на виробництво та обсягів реалізації молочної продукції. Суттєвими особливостями ТКМЗ є наявність значної кількості підсистем, зв'язаних між собою складними структурними та функціональними зв'язками. Оптимізація режимів функціонування окремих об'єктів підсистем виконується на основі мінімізації часу перехідних процесів при зміні структури.

В дисертаційній роботі для побудови структури управління ТКМЗ розглядається як сукупність підсистем: апаратний цех, цех 1 (виробництво кисломолочної продукції), цех 2 (виробництво сметани та масла), цех 3 (виробництво творога), цех 4 (виробництво морозива), цех упаковки. Ціль кожної виділеної підсистеми повністю узгоджена з ціллю системи в цілому, для кожної з підсистем існує задача оптимізації із своїми критеріями оптимальності та моделями. Виділені підсистеми містять технологічні агрегати, які знаходяться як в перехідних режимах (запуск/зупинка), так і в нормальних режимах функціонування згідно технологічного регламенту. Для ефективності автоматизованої системи управління запропоновано використати задачу максимальної швидкодії на основі принципу максимум Понтрягіна Л. С. та контурів стабілізації технологічних параметрів.

Для автоматизованої системи управління сформовано комплекс критеріїв, які характеризують ефективність ТКМЗ та його підсистем. Визначено, що для розв'язання задачі управління та координації функціонування підсистем ТКМЗ в цілому як критерій оптимізації, виходячи з основної мети підприємства, доцільно використовувати прибуток, отриманий від реалізації продукції за певний проміжок часу:

$$P = \int_0^T \left(\sum_{j=1}^n P_j x_j \right) dt = \int_0^T \left(\sum_{j=1}^n \left(G_j - \sum_{i=1}^m C_i \right) x_j \right) dt \rightarrow \max, \quad (1)$$

де n — кількість одиниць асортименту; P_j — прибуток від реалізації одного j -го виду продукції; x_j — обсяг виробництва j -го виду продукції; G_j — ціна j -го виду продукції; $\sum_{i=1}^m C_i$ — сумарні витрати на виробництво j -го виду продукції(собівартість), T — звітний період часу.

Встановлено, що постановка задачі управління ТКМЗ є задачею

багатокритеріальної оптимізації, в якій є множина недостатньо чітко описаних альтернатив, що об'єднані єдиною функцією цілі, для досягнення якої необхідна екстремізація всіх факторних критеріїв (цільових функцій).

В третьому розділі розроблено алгоритм когнітивного моделювання із подальшим створенням на його основі нейронної мережі для вирішення асортиментної задачі молочного заводу. Проведено сценарно-когнітивне моделювання та наведені його результати.

ТКМЗ являє собою складну слабоструктуровану організаційно-технічну систему, яка описується кортежем:

$$\langle D(t), S(t), Y(t), E(t), t \rangle, \quad (2)$$

де D – дії підприємств молочної галузі, законодавчі впливи; S – вплив факторів зовнішнього середовища; Y – вихідні показники роботи молочного заводу E – множина концептів та взаємозв'язків між ними; t – час функціонування.

Зазначена система характеризується значною невизначеністю елементів, які входять у її склад (людський, економічний та інші фактори), і для моделювання розвитку такої системи неможливо отримати її точну математичну модель, тому модель ТКМЗ представимо у вигляді узагальненої НКК.

В роботі встановлено, що НКК забезпечує «найрентабельніший» асортимент продукції (виконується на 1 добу), з переліку технологічно можливих, для виготовлення на підприємстві, враховуючи попит населення, вартість енергоносіїв, сезонності тощо.

Процес когнітивного моделювання починається з формування експертами списку концептів, найбільш значущих для даної задачі. Експертно вибрано такі елементи матриці взаємовпливів НКК:

Проміжні концепти: E_1 – технічне та технологічне оснащення цехів молочного заводу (МЗ); E_2 – якість виготовлюваної продукції; E_3 – якість молока, що поставляється на МЗ; E_4 – кількість молока, що поставляється на МЗ; E_5 – степінь використання обладнання; E_6 – кількість продукції на складі; E_7 – конкурентоздатність продукції; E_8 – об'єм ринків збуту; E_9 – молоко 1,5 %; E_{10} – молоко 2,5 %; E_{11} – топлене молоко 2,5 %; E_{12} – кефір 1 %; E_{13} – кефір 2,5 %; E_{14} – ряжанка 2,5 %; E_{15} – йогурт 2,5 % полуниця; E_{16} – йогурт 2,5 % персик; E_{17} – сметана 15 %; E_{18} – сметана 20 %; E_{19} – масло 62 %; E_{20} – масло 73 %; E_{21} – творог 0 %; E_{22} – творог 5 %; E_{23} – творог 10 %; E_{24} – творог ванільний 8 %; E_{25} – творог з родзинками 8 %; E_{26} – морозиво ванільне; E_{27} – морозиво шоколадне; E_{28} – морозиво фруктове; E_{29} – морозиво глазуроване на паличці; E_{30} – управління виробництвом; E_{31} – обсяг основного виробництва; E_{32} – рентабельність підприємства.

Вхідні дії: X_1 – ціни на енергоносії; X_2 – пора року; X_3 – потреби споживачів. **Вихідні дії:** Y_1 – прибуток; Y_2 – заробітна плата; Y_3 – чисельність працівників.

Модель ТКМЗ представлено у вигляді НКК, яка наведена на рис.1 та ілюструє множинні зв'язки і характер взаємодії факторів.

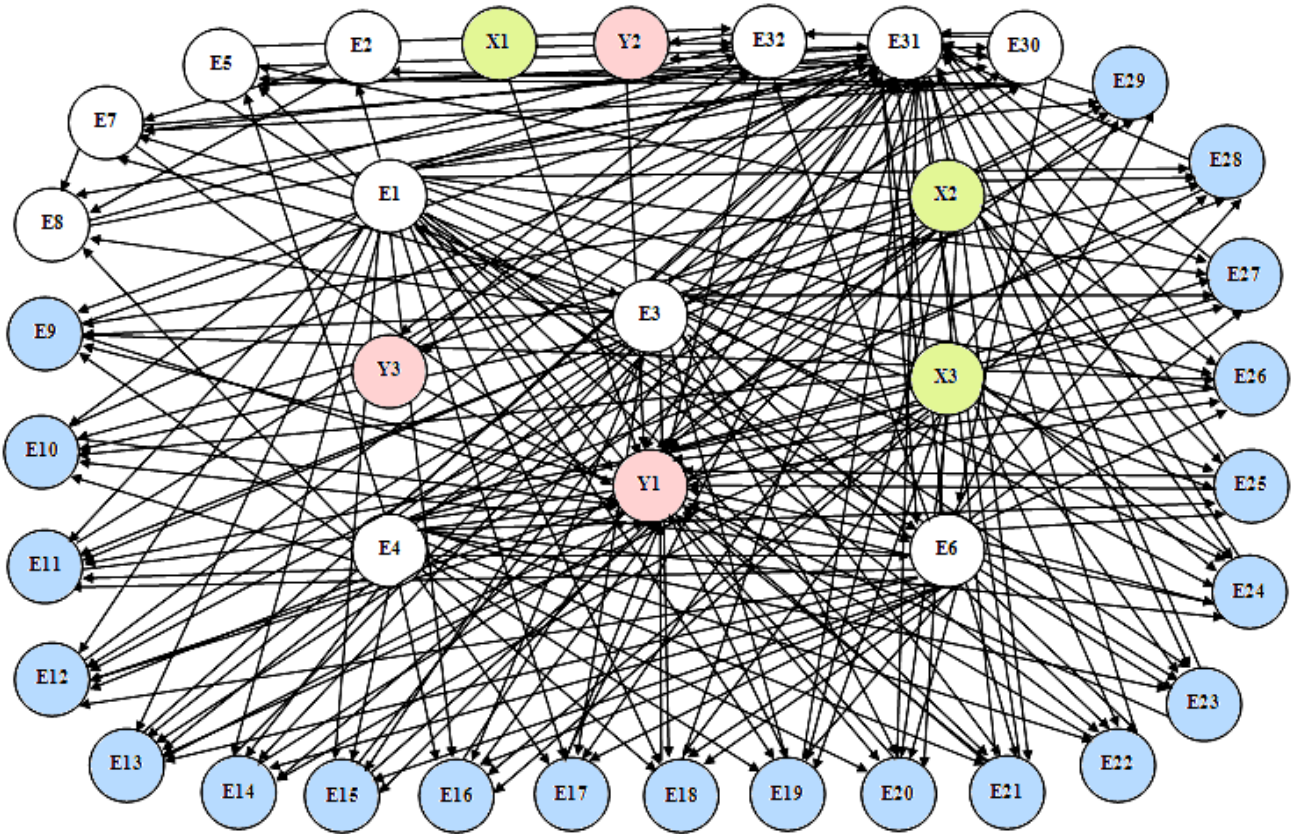


Рис.1. Модель молочного заводу у вигляді НКК

Побудована НКК містить наступні діючі елементи:

- дії ТКМЗ (концепти $E_1, E_3 - E_6$);
- вплив зовнішніх чинників (концепти $X_1 - X_3$);
- показники розвитку (концепти $Y_1 - Y_3$);
- характеристики, що визначають збут продукції (концепти $E_2, E_7 - E_{30}$);
- показники розвитку ТКМЗ (концепти E_{31} і E_{32}).

Функціонування НКК здійснюється у напрямку від входу до виходу згідно залежності:

$$Y = F(X, W), \quad (3)$$

де X – вхідні впливи системи, яка моделюється, включаючи і зовнішні фактори; W – матриці взаємовпливів.

Рекурентний вид функціональної належності :

$$Y(t) = [X(t-1), Y(t-1), W], \quad (4)$$

де t – період розвитку системи (для ТКМЗ – 1 доба).

Створена НКК функціонує згідно спрощеного алгоритму нечіткого висновку, що дозволить сценарно досліджувати поведінку системи при зміні значень концептів.

З урахуванням існуючих апробованих програмних продуктів і того, що експерти при побудові бази правил нечітких продукцій будуть давати числові значення критеріїв оцінювання характеристик (параметрів) процесів (явищ), для побудови відповідної системи попередньо ухвалили можливість використання спрощеного алгоритму нечіткого висновку.

Розроблено алгоритм створення та адаптивного коригування матриці взаємного впливу концептів НКК (рис.2). Матриця НКК ТКМЗ узагальнення оцінки експертів представлена в дисертаційній роботі

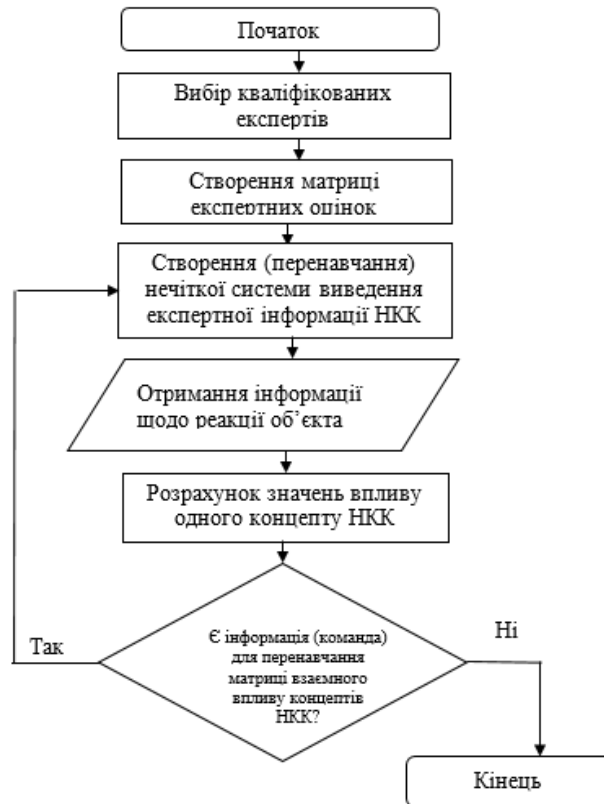


Рис. 2. Блок-схема алгоритму створення та адаптивного коригування матриці взаємного впливу концептів НКК

В результаті, на основі ANFIS (Adaptive-Neuro-Based Fuzzy Inference System – адаптивна мережа нечіткого висновку) отримали систему нечіткого висновку (рис.3.) із відповідними продукційними правилами (рис.4) та графічною інтерпретацією (рис.5). При навчанні системи: входи - думки експертів, вихід – ступень близькості до експертної «1».

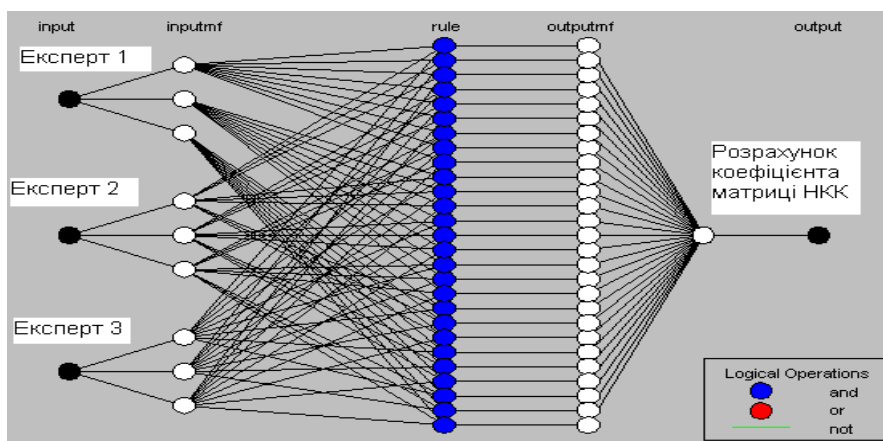


Рис. 3. Архітектура нечіткої нейронної мережі (ANFIS) узагальнення експертної оцінки впливу концепта E_1 на концепт E_2

Для представлених систем застосовується механізм логічного виведення, характерною рисою якого є використання рівнів істинності передумов правил. Для кожного правила P_i визначається рівень його істинності α_i стосовно входів. Рівень істинності є дійсним числом, яке характеризує ступінь відповідності нечітких входів системи заданим у правилах нечітким множинам.

Визначення ступеня істинності i -го правила здійснюється за допомогою операції множення:

$$\alpha_i = \prod_{j=1}^n A_{ij}(x_j^k), \quad (5)$$

Після визначення індивідуальних виходів правил здійснюється дефазифікація агрегованого виходу. Вихід нечіткої системи визначаємо центроїдним методом, тобто визначається центром ваги вихідної нечіткої множини. Тоді результуюче чітке вихідне значення системи прийняття рішень обчислюється зважуванням значень активованих правил:

$$\psi^k = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^m \alpha_i}. \quad (6)$$

Введення функції помилки для k -го пред'явленого зразка виду:

$$E_k = \frac{1}{2} (\psi^k - y^k)^2, \quad (7)$$

дозволяє, як у звичайних (стандартних) нейронних мережах, застосувати градієнтний метод для підстроювання параметрів заданих предикатних правил.

Величини z_i можна коректувати за співвідношенням:

$$z_i := z_i - \eta \frac{\partial E_k}{\partial z_i} = z_i - \eta (\psi^k - y^k) \frac{\alpha_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m}, \quad (8)$$

де η – константа, що характеризує швидкість навчання, $i = 1, 2, \dots, m$.

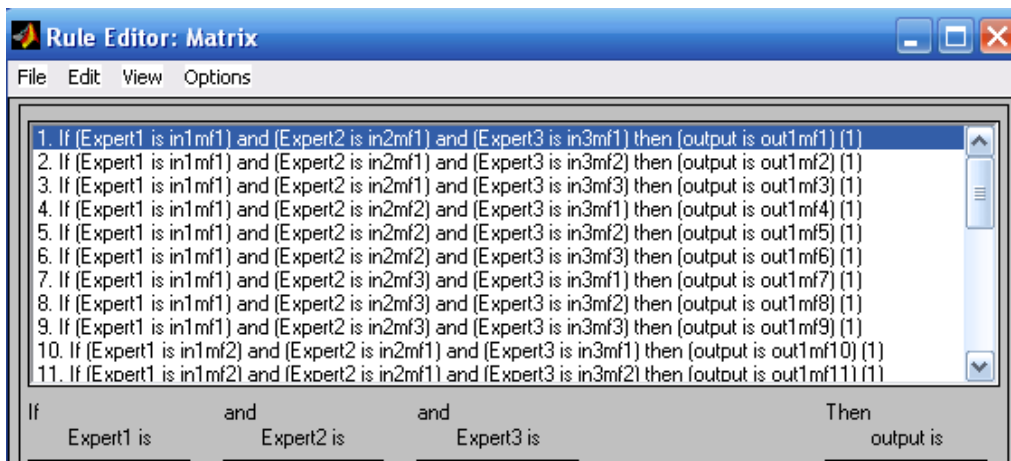


Рис.4. Інтерфейс продукційних правил нечіткої системи оцінки експертної думки

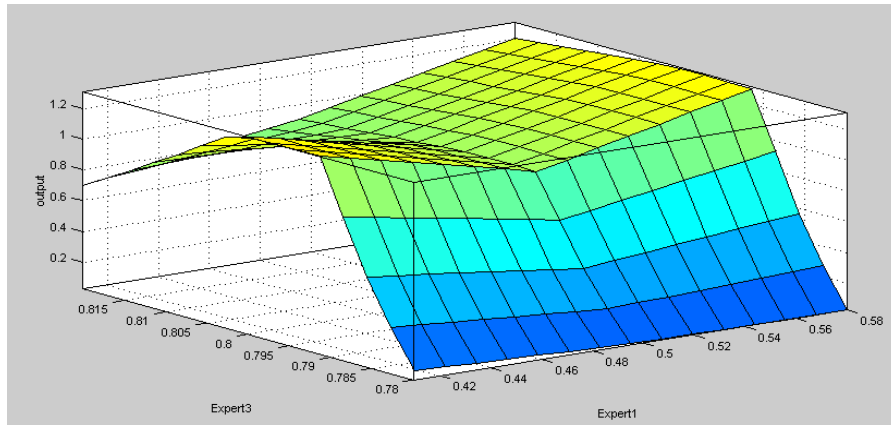


Рис. 5. Поверхня відгуку оцінки експертної думки

Консолідовані значення експертних оцінок при яких ступінь достовірності становитиме – «1» знаходимо із використанням вікна інтерактивного дослідження правил нечітких продукцій (рис.6.). Використавши створену методику встановили, що вихідне значення встановлюється 1,0 (консолідована думка експертів), коли коефіцієнт дорівнює 0,62 (на більше, ніж на 6% відрізняється від середньоарифметичного значення початкової думки експертів). За допомогою розробленої методики заповнені всі 222 комірки НКК ТКМЗ (результати наведені в дисертаційній роботі).



Рис. 6. Вікно інтерактивного дослідження експертних оцінок

Дослідження НКК ТКМЗ виконано в спеціалізованому програмному продукті FCMapper (Fuzzy Cognitive Mapper), в якому реалізовано математичний апарат узагальнення НКК.

В результаті структурного аналізу визначено, що 5 концептів виконують функції передавачів (Transmitter); 2 концепти отримують інформацію (Receiver); 215 концептів є «прийомо-передавачами» (Ordinary), наведено на рис. 7.

На базі матриці концептів НКК ТКМЗ розраховані функціональні індекси: консонанс (Outdegree), дисонанс

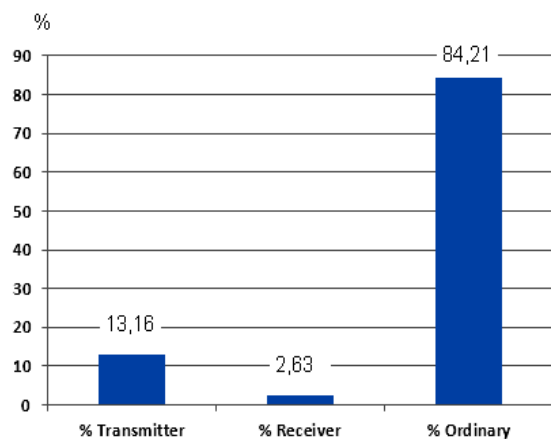


Рис. 7. Структурні характеристики НКК ТКМЗ

(Indegree) та вплив одного фактора на інший (Centrality).

Розроблена послідовність сценарно-когнітивного моделювання, яка містить наступні етапи:

ЕТАП 1. Формування набору значень концептів на основі технологічного аналізу реального підприємства.

ЕТАП 2. Розрахунок прибутку (рентабельності).

ЕТАП 3. Аналіз отриманих на *ЕТАПІ 2* результатів та експертне коригування лише асортиментних концептів ($E_9 - E_{29}$) з метою отримання максимального прибутку.

ЕТАП 4. Збереження такого асортиментного набору та конфігурації значень інших концептів з метою побудови на їх основі математичної моделі підтримки прийняття рішень на ТКМЗ.

У FCMapper при сценарному моделюванні використовується нелінійна функція з насиченням (функція S-подібного вигляду):

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-s}}. \quad (9)$$

При цьому всі значення концептів змінюються в умовному діапазоні $[0, 1]$. Для переходу у реальні фізичні величини, після закінчення *ЕТАПУ 3*, необхідно провести денормування згідно статистичних даних реального підприємства та залежності:

$$x_H = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (10)$$

де: x_i – реальне значення елемента; x_{\min} – елемент, який має мінімальне значення; x_{\max} – елемент, який має максимальне значення.

Звідси:

$$x_i = x_H \cdot (x_{\max} - x_{\min}) + x_{\min}, \quad (11)$$

Результати динамічного імітаційного моделювання, з метою встановлення рентабельності виробництва при різних асортиментах продукції ТКМЗ наведено на рис.8.

SelectScene	3	calculate selected Scenario		Compare Scenarios		
Number of Iterations	20					
Concepts	No Changes (Scene 1)	Scene 2	Scene 3	Results - No Changes (Scene 1)	Results - Scene 2	Results - Scene 3
E17	1,00	0,08	0,100000	0,812535	0,080000	0,100000
E18	1,00	0,10	0,100000	0,813946	0,100000	0,100000
E19	1,00	0,07	0,800000	0,813172	0,070000	0,800000
E20	1,00	0,12	0,200000	0,808941	0,120000	0,200000
E21	1,00	0,02	0,020000	0,794911	0,020000	0,020000
E22	1,00	0,05	0,050000	0,791339	0,050000	0,050000
E23	1,00	0,02	0,020000	0,793021	0,020000	0,020000
E24	1,00	0,02	0,020000	0,795014	0,020000	0,020000
E25	1,00	0,02		0,793347	0,020000	0,868102
E26	1,00	0,02		0,839311	0,015000	0,883553
E27	1,00	0,01		0,841014	0,010000	0,884645
E28	1,00	0,01		0,803430	0,010000	0,864855
E29	1,00	0,02		0,811617	0,015000	0,868552
E30	1,00			0,957184	0,958572	0,981345
E31	1,00			0,990444	0,970269	0,989067
E32	1,00			0,932969	0,895731	0,957517
X1	1,00	0,700000	0,750000	0,500000	0,800000	0,750000
X2	1,00	0,350000	0,350000	0,500000	0,300000	0,350000
X3	1,00			0,500000	0,500000	0,500000
Y1	1,00			0,968626	0,923006	0,962978
Y2	1,00	0,800000	0,800000	0,672193	0,800000	0,800000
Y3	1,00			0,734488	0,729471	0,725410

Максимальний експертно встановлений прибуток при відповідних значеннях концептів

Рис.8 Результати формування економічно ефективної бази даних ТКМЗ

На основі сформованої відповідної бази даних, розроблена системи підтримки прийняття рішень стосовно асортименту продукції на наступну добу.

Враховуючи багатопараметричність отриманих результатів, нелінійність взаємозв'язків та складність формалізації, використано математичний апарат нейронних мереж (НМ) для створення системи підтримки прийняття рішень (СППР) на ТКМЗ. Для синтезу та дослідження відповідних НМ використано програмний пакет Statistica Neural Networks. Критерій – мінімізація помилки НМ.

У результаті розв'язання оптимізаційної задачі кращими НМ (величини вимірюються в умовних одиницях – у.о.) були вибрані (рис.9): радіально-базисна функція (помилки: навчальна – 27,5, контрольна – 31,9, тестова – 31,8), радіально-базисна функція (помилки: навчальна – 28,4, контрольна – 30,9, тестова – 31,3), лінійна мережа (помилки: навчальна – 3,45, контрольна – 3,43, тестова – 3,42), багатошаровий перцептрон (помилки: навчальна – 0,31, контрольна – 0,326, тестова – 0,324), багатошаровий перцептрон (помилки: навчальна – 0,31, контрольна – 0,323, тестова – 0,32).

Архитектура	Производ...	Контр. про...	Тест. прои...	Ошибка о...	Контрольн
РБФ 5:5-18-21:21	0,962781	1,008424	1,029442	27,521023	31,975688
РБФ 5:5-9-21:21	0,977106	0,993407	1,011852	28,417060	30,982000
Линейная 15:15...	1,927357	2,021751	1,846383	3,453909	3,438270
МП 5:5-19-21:21	0,984604	0,994185	1,026324	0,308562	0,326523
МП 15:15-19-21...	0,987009	0,997644	1,015596	0,310987	0,323279

Нейронна мережа-переможець

Рис.9. Конструктор нейронних мереж

Для створення СППР обрано багатошаровий перцептрон із 15 входами, оскільки така нейронна мережа продемонструвала найкращу якість навчання (рис.10, рис.11).

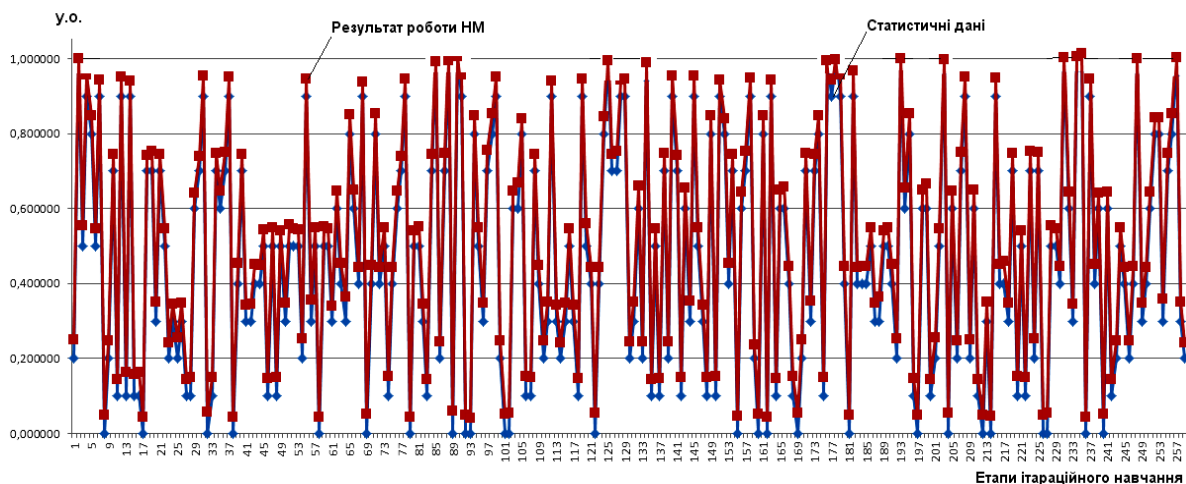


Рис.10. Результати навчання нейронної мережі на прикладі молока 1,5%

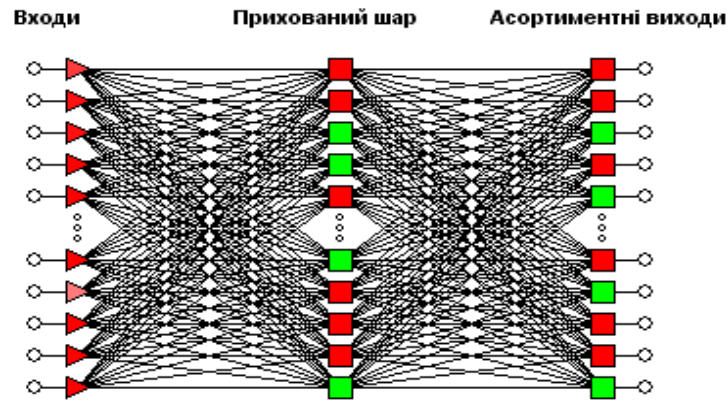


Рис. 11. Архітектура багатозарового персептрона із 19-ма нейронами у прихованому шарі СППР стосовно асортименту МЗ

Поверхні відгуку підтвердили доцільність використання НМ для створення СППР ТКМЗ. Наприклад, залежність об'ємів виробництва ванільного морозива від ринків збуту та обсягів основного виробництва при усередненні інших показників (рис.12).

Отримавши асортимент продукції на добу, необхідно забезпечити якісне і вчасне виготовлення продукції в умовах підвищення вимог щодо енергоефективності.

Концепція вибору енергоощадних стратегій

полягає у запуску найбільш енергозатратного обладнання та процесів у нічний час – без порушення технологічних вимог щодо якості продукції та її добових об'ємів.

На основі зонності обліку електроенергії розроблено систему енергоефективного управління технологічним обладнанням молочного заводу, яка включає ряд етапів:

ЕТАП 1. Вираховуємо із технологічних вимог час на виготовлення продукції та завантаженість апаратів згідно розрахованого НКК асортименту.

ЕТАП 2. Створюємо нейронну мережу для вирішення мережевої задачі максимального завантаження технологічної лінії у проміжки «дешевої» електроенергії – згідно зонного обліку енергоносіїв (за тризонними тарифами, диференційованими за періодами часу).

У результаті отримуємо технологічну карту запуску обладнання згідно рекомендованого нечіткою когнітивною картою асортименту.

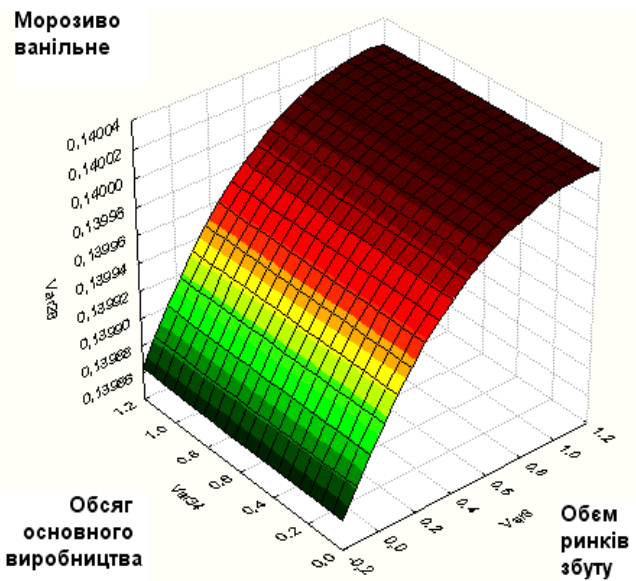


Рис. 12. Залежність об'ємів виробництва ванільного морозива від ринків збуту та обсягів основного виробництва

Навчальні вибірки для створення такої нейронної мережі беруться виходячи із технологічних вимог та чисельних експериментів із виконанням типових вимог енергоефективності:

$$K_E = \left(\frac{E_{заг}}{E_{0,25тарифу}} \right) \leq 1, \quad (12)$$

де $E_{заг.проц}$ – загальне енергоспоживання для виготовлення добового асортименту, кВт·год; $E_{0,25тарифу}$ – максимально можливе енергоспоживання згідно часової зони при 0,25 тарифу, кВт·год.

Експертне формування навчальних вибірок здійснюється із виконанням вимоги заповнення всього можливого діапазону значень.

Практична реалізація такого енергоефективного управління технологічним обладнанням ТКМЗ реалізовано згідно наведеної послідовності в середовищі Statistica Neural Networks.

Обрано багатошаровий перцептрон із 82 нейронами у прихованому шарі. НМ має 21 вхід (попередньо) – асортимент продукції та 104 виходи, відповідно до технологічного оснащення молочного заводу (рис.13). Причому, на кожен апарат приходиться два виходи: час включення та виключення, відповідно. Для зменшення витрат на оплату електроенергії виготовлення асортиментного добового завдання необхідно розпочати о 23:00 (час дії коефіцієнту 0,25).

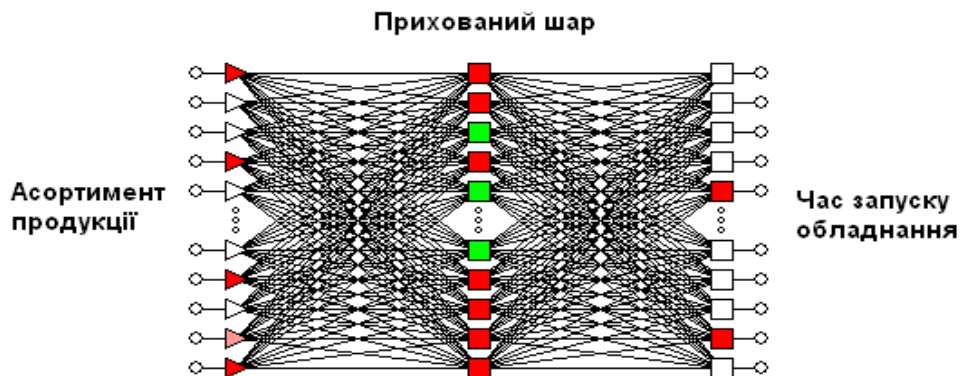


Рис.13. Архітектура нейронної мережі включення-виключення технологічного обладнання

Використання НКК дає можливість отримати рішення щодо підвищення рентабельності виробництва з урахуванням асортименту продукції

В четвертому розділі розглянуто задачу розробки інтелектуальної системи управління багатоасортиментним виробництвом із використанням сценарно-когнітивного моделювання та нейронної мережі енергоефективного управління технологічним обладнанням, яка швидко і оперативно в режимі реального часу приймає оптимальне рішення щодо управління ТКМЗ, що сприяє підвищенню ефективності функціонування. Наведені результати задачі оптимального керування, зокрема задача максимальної швидкодії щодо функціонування обладнання.

Структура та блок-схема алгоритму функціонування системи управління молочним заводом на основі сценарно-когнітивного моделювання наведені на рис.14.



Рис.14. Структура СППР управління ТКМЗ на основі використання НКК

Для збільшення ефективності системи автоматизованого управління необхідним є: точність стабілізації технологічних змінних, що забезпечується використанням сучасних методів та алгоритмів; оптимізація технологічних режимів, перехід з одного режиму на інший; енергоощадні алгоритми; інтелектуальні підсистеми підтримки прийняття рішень (ІППР), що будуються на основі експертних систем та ін.

Задача стабілізації технологічного режиму розв'язується на основі математичної моделі пастеризаційно-охолоджувальної установки, яка приведена до виразу у координатах стану:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= Ax + Bu + Gw, \\ y &= Cx + Du + Hw; \end{aligned} \quad (13)$$

де A , B , G – матриці першого рівняння; C , D , H – матриці виходу. Вектор координат стану, вектор управління, вектор зовнішніх збурень та вектор виходу відповідно:

$$x = \begin{bmatrix} t_{ze} \\ t_{mn} \\ t_{xe} \\ t_{mp} \end{bmatrix}; \quad u = \begin{bmatrix} G_n \\ G_m \end{bmatrix}; \quad w = [t_{mx}]; \quad y = \begin{bmatrix} t_{ze} \\ t_{mn} \\ t_{xe} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

де t_{zg} – температура гарячої води, t_{mn} – температура пастеризації, t_{xg} – температура холодної води, t_{mp} – температура молока рекуперації, G_n – витрата пари, G_m – витрата молока, t_{mx} – температура сирого молока.

При синтезі оптимального керування критерій оптимальності: для пастеризаційно-охолодженої установки має вигляд:

$$I = \int_0^{\infty} (z^T Qz + u^T Ru) d\tau \rightarrow \min, \quad (14)$$

де $z = [t_{mi}]$ – вектор стабілізуючих виходів. Формують обмеження, зокрема на вектор управління: $u_{\min} \leq u \leq u_{\max}$, що визначаються з діаметрів трубопроводів пари та молока.

В результаті проведеного дослідження визначено, що даний об'єкт є повністю керований, тобто для будь-якого початкового стану системи існує такий сигнал керування, що переводить систему в кінцевий стан, та повністю спостережний, тобто можливо визначити стан системи за даними вимірювань та управління за кінцевий відрізок часу.

Задача стабілізації технологічних режимів доповнюється алгоритмами «пуск/зупинка», які синтезовані з використанням принципу максимум Понтрягіна А.С.

Експериментально встановлено, що за умовою неприпустимості гідравлічного удару температура повинна змінюватися по експоненті. Отже, критерій оптимальності буде мати вигляд :

$$I = \int_{t_0}^{t_k} f[x, V] dt \rightarrow \min, \quad (15)$$

де x – координата стану системи, V – степінь відкриття регулюючого органу.

Задача синтезу оптимальної за швидкодією системи зводиться до пошуку в просторі станів функції перемикання та її реалізації в пристрої керування.

Оптимальне керування буде:

$$U^* = \text{sign}(P(t)), \quad (16)$$

де $P(t)$ – функція перемикання.

Розрахунок фазових траєкторій пуску установки при різних початкових умовах наведені в дисертаційній роботі.

З метою забезпечення повноцінного функціонування інтелектуальної системи керування молочним заводом створено інформаційне забезпечення у вигляді бази знань ринкової ситуації та технологічного процесу. Етапи проектування бази даних, що лежить в основі бази знань, враховують результати аналізу технологічного процесу та параметрів, котрі використовуються при функціонуванні нечіткої когнітивної карти (НКК) та нейронної мережі енергоефективного управління технологічним обладнанням. У результаті створення реляційної моделі формуються таблиці (рис. 15), в яких міститься вся необхідна інформація, виділено основні блоки системи і потоки даних між ними.

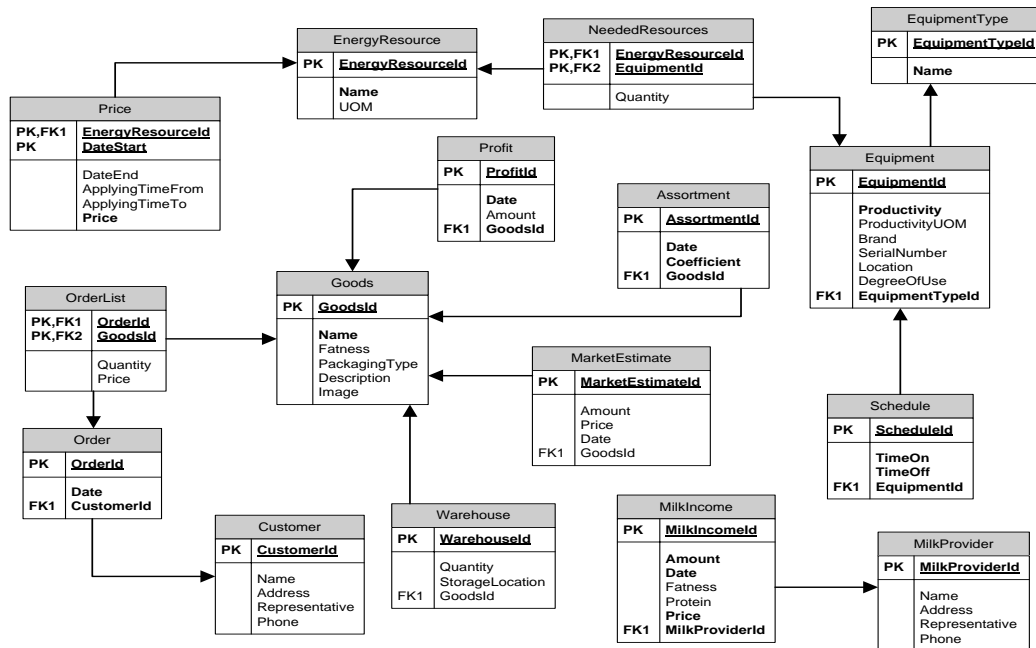


Рис. 15. Схема бази даних системи TKM3 (MS SQL Server)

Задачу СППР управління молочним виробництвом розділено на два етапи: сценарно-когнітивне управління із виділенням найбільш прибуткового асортименту продукції та визначення енергоефективної стратегії використання обладнання, виходячи із попередньо спланованого НКК асортименту.

СППР при розв'язанні першої задачі працює в інформаційному режимі. Тобто видає найбільш прибутковий асортимент продукції із врахуванням ринкової ситуації, вартості енергоносіїв, сезонності тощо, а остаточний асортимент продукції та її об'єм на добу затверджує головний технолог чи інженер.

При розв'язанні задачі ефективного використання обладнання на молочному заводі, СППР працює в "інформаційно-порадницькому" режимі: аналізує асортимент, що планується виготовити протягом наступної доби і видає рекомендації по визначенню оптимальної послідовності виробництва. Задача ефективного використання обладнання на підприємстві вирішується впровадженням в СППР нейро-мережевого модуля енергоефективного управління технологічним процесом (НМЕУТП). Важливим аспектом є можливість системи в процесі роботи донаватись, оскільки на виробництві непередбачувані, аварійні ситуації можуть виникати в будь-який момент.

На виході НМЕУТП отримуємо технологічну карту роботи підприємства на добу згідно заданого об'єму та асортименту продукції, тобто отримуємо найбільш енергоефективний план обробки однорідних продуктів, починаючи з виготовлення і закінчуючи розливом в пакети.

Програмне забезпечення для блоку «Нейронна мережа енергоефективного управління технологічним обладнанням (формування виробничого мережевого графіку із врахуванням зонності обліку електроенергії)» реалізовано у відповідному інтерфейсному вигляді рис.16. Програмне забезпечення відображає характеристики обладнання, години пуску/зупинки, а також інформацію про аварійний стан у випадку його виникнення.

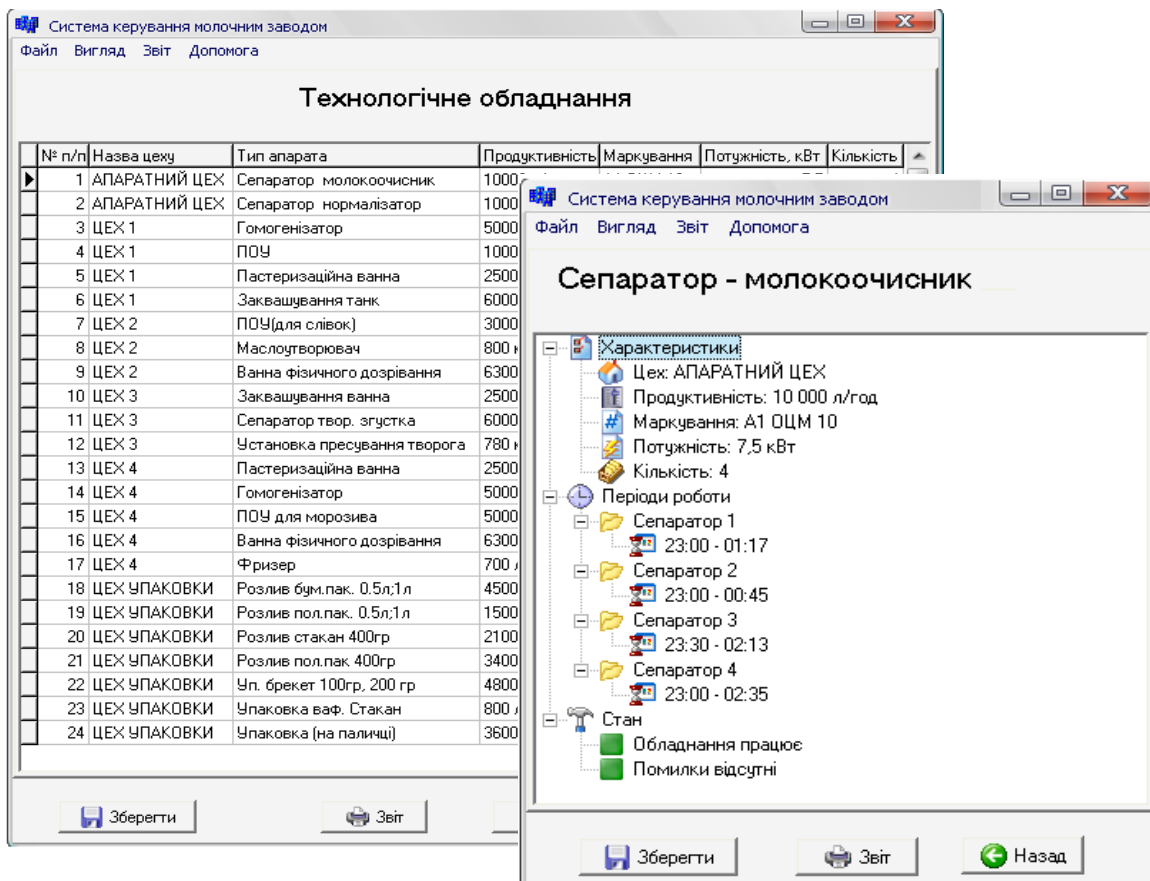


Рис.16. Вигляд вікна програмного забезпечення блоку «Нейронна мережа енергоефективного управління технологічним обладнанням»

Для порівняння енергоефективності роботи підприємства за сценарієм, що заданий НМЕУТП та в звичайному режимі проведено розрахунок економії електроенергії при виготовленні деяких видів продукції за тиждень. При розрахунках враховувався час роботи основних технологічних агрегатів, що задіяні у виробництві кожного продукту та їх потужність. Результати розв'язку задачі оптимального використання виробничих ресурсів молочного заводу наведені в дисертаційній роботі.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

В дисертаційній роботі запропоновані нові розв'язки науково-технічної задачі підвищення ефективності функціонування ТКМЗ за рахунок використання когнітивного підходу.

Отримані наукові та практичні результати дозволяють зробити наступні висновки:

1. На основі системно-технічного аналізу ТКМЗ та показників його функціонування в класі слабоструктурованих організаційно-технологічних(технічних) систем виділено основні підсистеми ТКМЗ, що дало можливість для задач аналізу та синтезу систем управління обґрунтовано обрати когнітивний підхід.
2. Для ТК та його підсистем сформовано загальні показники ефективності, які мають техніко-економічний характер з урахуванням особливостей

- розв'язання багатоасортиментної задачі та формування собівартості різних видів продукції.
3. Вперше розроблено структуру НКК системи управління ТКМЗ, яка використовує експертні оцінки, отримані на основі сучасних інтелектуальних технологій.
 4. Розроблена методика адаптивного формування матриці взаємного впливу факторів НКК молочного заводу на основі використання нечіткої нейронної мережі для оцінки ефективності функціонування ТКМЗ.
 5. Виконане сценарно-когнітивне моделювання із подальшим створенням на його основі нейронної мережі вирішення асортиментної задачі ТКМЗ.
 6. Показана можливість енергоефективного управління технологічним обладнанням ТКМЗ на основі зонності обліку електроенергії, що безпосередньо пов'язане з функціонуванням системи автоматизованого управління, структура якої включає задачі автоматичного регулювання технологічних змінних та СППР.
 7. Сформована функціональна структура автоматизованої системи управління, яка враховує особливості функціонування окремих агрегатів, такі як режим “пуску/зупинки” та стабілізація технологічних параметрів.
 8. Вперше розроблено структуру та алгоритми роботи СППР управління ТКМЗ із використанням сценарно-когнітивного моделювання та нейронної мережі енергоефективного управління технологічним обладнанням, яка має здатність до самонавчання.
 9. Вперше розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення автоматизованої системи управління ТКМЗ на основі проведених досліджень з використанням методів сценарно-когнітивного моделювання.
 10. Практичне значення результатів роботи підтверджено довідками про можливість їх використання на молочних заводах та впроваджено в навчальний процес кафедри автоматизації процесів управління Національного університету харчових технологій.

Основний зміст дисертації викладено в опублікованих роботах:

1. Савчук О.В. Когнітивний підхід до моделювання і управління слабоструктурованими організаційно-технологічними системами (ситуаціями)/О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, Н.Г. Гриценко//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. - №2/3. – С. 14-18.
2. Савчук О.В. Когнітивний аналіз системи інформаційного забезпечення молокопереробного підприємства / О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - Харків: ХНУТСГ. - 2010.- Вип. 102.- С. 62-65 .
3. Савчук О.В. Нечеткое когнитивное моделирование в системах управления технологическим комплексом молокоперерабатывающего предприятия/ О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, Т.М. Герасименко //Новый университет Технические науки , 2015.- № 1-2 (35-36).-С.13-19.

4. Герасименко Т.М. Автоматизация солодосушилки в классе нестационарных систем/ Т.М. Герасименко, А.П. Ладанюк, О.В. Савчук //Новый университет Технические науки , 2014.- № 11(33).- С.15-20.
5. Савчук О.В. Розробка когнітивної моделі для аналізу функціонування технологічного комплексу молочного заводу / О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, //Технологічний аудит та резерви виробництва.– 2015.- №4/3 (24). – С.46-50.
6. Савчук О.В. Дослідження можливостей використання нейронних мереж в системі підтримки прийняття рішень/О.В. Савчук, А.П. Ладанюк, // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.– 2015. - №4/4 (74). – С. 15-19.
7. Ладанюк А.П. Автоматизоване управління складними об'єктами харчового виробництва з використанням сценарно-когнітивних моделей/ Ладанюк А.П., Савчук О.В.//Програма і матеріали 74-ї наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”, 21-22 квітня 2008 р. – К.: НУХТ, 2008. – С. 368.
8. Савчук О.В. Когнітивний підхід до моделювання і управління слабоструктурованими організаційно-технологічними системами (ситуаціями) / Савчук О.В., Ладанюк А.П. // Програма і матеріали 75-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”, 13-14 квітня 2009 р. – К.: НУХТ, 2009. – С.364.
9. Савчук О.В. Когнітивний підхід при управлінні організаційно-технічними (технологічними) системами в умовах невизначеності / Савчук О.В., Ладанюк А.П.// 16-а Міжнародна конференція з автоматичного управління “Автоматика 2009 ”, Тези доповідей. – Чернівці: Книги ХХІ, 2009.– С.98.
10. Савчук О.В. Когнітивний підхід до систем управління молокопереробними підприємствами» / Савчук О.В., Ладанюк А.П. // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними комплексами: прогр. та матеріали Міжн. наук.-техн. конф., 26-27 листоп. 2009 р. – К.:НУХТ, 2009 – С.116.
11. Савчук О.В. Інформаційна система управління молокопереробним виробництвом з використанням принципів когнітивного моделювання» / Савчук О.В., Ладанюк А.П. // Програма і матеріали 76-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 12-13 квітня 2010 р. – Частина III – К.: НУХТ, 2010 – С.135.
12. Савчук О.В. Методологія побудови та аналіз нечіткої когнітивної моделі інформаційного забезпечення молокопереробного комплексу/ Савчук О.В., Ладанюк А.П.// Тези доповідей учасників 17-ї міжнародної конференції з автоматичного управління « Автоматика - 2010», 27-29 вересня 2010 р. – Том 1 - Харків –С.154-155.
13. Савчук О.В. Когнітивна модель інформаційного забезпечення молокопереробного підприємства / Савчук О.В., Ладанюк А.П.// Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи: прогр. та матеріали Міжн. наук.-техн. конф., 27-28 квітня

2010 р. – Частина 2 - К.: НУХТ, 2010 р. – С. 70.

14. Савчук О.В. Вирішення проблемної ситуації на основі когнітивного моделювання / Савчук О.В., Ладанюк А.П.// Програма і матеріали Міжнародна наукової конференції «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості», 13-17 жовтня 2014 р. – К.: НУХТ, 2014 р. – С. 277.
15. Савчук О.В. Система управління складними організаційно-технічними системами на основі когнітивно-ситуаційного підходу // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними комплексами: прогр. та матеріали Міжн. наук.-техн. конф., 27 листоп. 2014 р. – К.:НУХТ, 2014 – С. 88.

АНОТАЦІЯ

Савчук О.В. Автоматизоване управління багатоасортиментним виробництвом молочної продукції з використанням когнітивного підходу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 Автоматизація процесів керування. Національний університет харчових технологій, Київ, 2015.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності роботи багатоасортиментного виробництва молочної продукції за рахунок удосконалення систем автоматизації шляхом використання алгоритмів, процедур, методів когнітивного підходу. Загальна система управління ТКМЗ включає систему автоматизації режимів функціонування обладнання та інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень (СППР), яка вирішує наступні задачі: сценарно-когнітивного управління із виділенням найбільш прибуткового асортименту продукції на основі експертних оцінок та визначення енергоефективної стратегії використання обладнання, виходячи із попередньо спланованого асортименту, що безпосередньо пов'язане з функціонуванням системи автоматизованого управління. Розроблено програмне забезпечення для вдосконалення систем автоматизації ТКМЗ та розрахунку ефективності функціонування.

Ключові слова: автоматизація, технологічний комплекс молочного заводу, когнітивний підхід, сценарно-когнітивне управління, нейронні мережі.

АННОТАЦИЯ

Савчук О.В. Автоматизированное управление многоассортиментным производством молочной продукции из использованных когнитивного подхода. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 Автоматизация процессов управления. Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2015.

Диссертация посвящена повышению эффективности работы многоассортиментного производства молочной продукции за счет совершенствования систем автоматизации путем использования алгоритмов, процедур и методов когнитивного подхода. На основе системного анализа

технологического комплекса молочного завода (ТКМЗ) и показателей его функционирования определено, что ТКМЗ является сложной слабоструктурированной организационно-технологической системой, функционирующей в условиях неопределенности (спрос, сезонность, стоимость энергоносителей и др.).

Для автоматизированной системы управления разработана когнитивная карта ТКМЗ, которая дает возможность оценить влияние различных факторов на функционирование ТКМЗ. В работе предложена методика адаптивного формирования матрицы взаимного влияния факторов НКК на основе использования нечеткой нейронной сети для оценки эффективности функционирования ТКМЗ. Выполнено сценарно-когнитивное моделирование для решения ассортиментной задачи для ТКМЗ.

Система управления ТКМЗ включает системы автоматизации режимов работы оборудования и интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР), которые решают следующие задачи: когнитивно-сценарное управление с выделением наиболее прибыльного ассортимента продукции на основе экспертных оценок и определения энергоэффективной стратегии использования оборудования, исходя из предварительно спланированного ассортимента, что непосредственно связано с функционированием системы автоматизированного управления. Разработано программное обеспечение для совершенствования систем автоматизации ТКМЗ и расчета эффективности функционирования.

Ключевые слова: автоматизация, технологический комплекс молочного завода, когнитивный подход, сценарно-когнитивное управление, нейронные сети.

ANNOTATION

Savchuk O. Automatic control of many assortment of dairy products using cognitive approach. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.07 Automation of control. National University of Food Technologies, Kyiv, 2015.

The thesis is devoted to improving the efficiency of dairy many assortments, by improving automation systems by using algorithms, procedures and methods of cognitive approach. By the systems analysis and technological complex dairy plant and its operation performance, is determined that the dairy plant is a complex organizational and technological semistructured system that operates under uncertainty (demand, seasonality, energy costs etc.). The total control system technological complex includes automation system modes of operation of the equipment and intelligent decision support system (DSS) that solve the following problems: cognitive-scenario management with the release of the most profitable product mix and determining energy efficiency strategy for the use of equipment, based on pre-planned assortment directly related to the operation of automated controls. Was made software for automation and improvement of efficiency of calculation.

Keywords: automation, technological complex dairy plant, cognitive approach, scenario management, cognitive, neural networks.