

Ключевые слова: *деревья решений, классификация, прогнозирование, энтропия, баскетбольная команда, CART.*

Fedosova I. V., Zhukov D. S.

CONSTRUCTION OF DECISION TREES FOR DETERMINING THE PASSAGE TO THE FINAL OF A BASKETBALL TEAM USING MACHINE LEARNING

Construction of decision trees for determining the passage to the final of a basketball team using machine learning. The paper considers the construction of a decision tree to predict the progress of a basketball team in the standings. The study examines the advantages and disadvantages of a decision tree, as well as the problems of training and testing decision trees. This article describes a completely new approach to solving the problem of data classification based on decision trees. The use of new methods will allow to get rid of the lack of heuristic algorithms that are directly related to the wrong choice of the classification separation criterion when creating a decision tree. This new approach of the decision tree construction algorithm demonstrated in the process of research a more accurate classification of data, as well as the quality of forecasting results. In the article, a forecast was made of the possibilities of using decision trees for applied purposes for predicting economic and financial crisis situations. To prevent a recession in the economy of the state or a separate company or enterprise. However, before using the data, you must adhere to the requirements for the form of the data provided. It is also important to keep the data in a hierarchical manner. During the research, the authors use multidimensional methods that are useful for describing the normative profiles of statistics and their relationship to situational changes. The statistical approach of multivariate methods with unpaired data is most suitable for determining statistics related to basketball tournaments. An algorithm for CART classification using decision trees, a mathematical model for calculating the main nodes of a decision tree are presented. Using the Python programming language, an example of a decision tree for the task at hand has been created and presented.

Keywords: *decision trees, classification, forecasting, entropy, basketball team, CART.*

Рецензент: **канд. техн. наук**, доц. Проніна О. І.

Стаття надійшла 23.11.2020 р.

УДК 004.93

Левицька Т. О., Король М. Д.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ РІШЕННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ЗАПАСАМИ ДРІБНООПТОВИХ ТОВАРІВ МЕТОДАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Дана стаття присвячена аналізу проблем управління запасами дрібнооптових товарів. Системи нечіткого виводу широко використовуються для вирішення завдань управління різними об'єктами і процесами. При цьому створення нечіткої моделі визначається на основі формальних параметрів досліджуваної системи в термінах лінгвістичних змінних. Однією з проблем управління запасами товарів є існуюча

невизначеність вихідних даних і отриманих результатів. Товари, якими запасуються, в більшості випадків відрізняються вартістю, вагою та об'ємом. При цьому вони є неоднорідними за своєю роллю в торговому процесі: невелика частина товарів забезпечує найбільшу частину доходів магазину і, навпаки, широка асортиментна лінійка дає незначну частку виручки. Тому актуальною задачею є підтримання необхідного і достатнього обсягу запасів для забезпечення плану продажів і необхідно зробити таке регулювання автоматичним, забезпечуючи оптимальні запаси. Проведено систематизацію науково-технічної інформації з теми дослідження. Аналіз показав, що актуальними стають питання вдосконалення управління запасами дрібнооптових товарів підприємства на основі побудови економіко-математичних моделей, які не потребують імовірнісного підходу. Для вирішення цих проблем успішно використовується апарат теорії нечіткої логіки. Застосування нечітких величин в управлінні запасами виправдано тим, що багато параметрів в таких завданнях принципово не є випадковими, хоча і відносяться до невідомих, невизначених. В статті розглянуто механізм нечіткого логічного висновку та його етапи. Сформовані вхідні змінні для системи нечіткого висновку управління запасами дрібнооптових товарів: «кількість товарів продано сьогодні», «кількість товарів продано вчора», «кількість товарів продано місяць тому», «кількість товарів на складі», а також вихідна – «розмір заказу». Для запропонованих лінгвістичних змінних обрано терми та функції приналежності. Проведено моделювання системи нечіткого виведення для планування запасів дрібнооптових товарів у середовищі Matlab. Результатами експериментів підтверджено адекватність розробленої моделі, що дозволяє подальше впровадження запропонованої моделі та нечіткого методу в систему підтримки рішення при управлінні запасами дрібнооптових товарів.

Ключові слова: управління запасами, дрібнооптові товари, механізм логічного висновку.

Постановка проблеми. В даний час активно проводяться дослідження, присвячені питанням вдосконалення і практичного використання систем підтримки прийняття рішень для вирішення завдань управління запасами [1-7]. Традиційно дійовими особами є виробники, оптові і роздрібні організації торгівлі. Вони приймають на себе ризики, пов'язані зі статусом тимчасових власників товару, і вступають в договірні відносини з іншими учасниками ринку - конкретними споживачами.

На сьогоднішній день однією з проблем управління запасами товарів є існуюча невизначеність вихідних даних і отриманих результатів. Детерміновані опису систем управління запасами рідко бувають адекватними реальним процесам, так як останні є нестабільними і невизначеними, що особливо характерно для сучасної економіки. Якість управління в цих випадках можна підвищити на основі використання моделей, що враховують наявні невизначеності. Сьогодні облік невизначеностей проводиться в основному за допомогою імовірнісних методів. Однак їх застосування ускладнено необхідністю мати частотні розподілу невизначених параметрів, які неможливо отримати через високу трудомісткість збору інформації по багатотисячній номенклатурі застосовуваних на підприємстві матеріалів або, найчастіше, через відсутність такої інформації в репрезентативному обсязі. В умовах, що склалися актуальними стають питання вдосконалення управління запасами дрібнооптових товарів підприємства на основі побудови економіко-математичних моделей, які не потребують імовірнісного підходу. Для цього

використовується апарат теорії нечіткої логіки [8]. Він дозволяє оперувати як з точно заданими параметрами, так і з характеристиками, інформація про яких заснована на нечітких, суб'єктивних оцінках експертів.

Середньостатистична торгово-закупівельна система включає в себе більше 500 тис. різних найменувань виробів, наприклад, стандартний магазин - до 50 тис. видів товарів. Товари, якими запасуються, в більшості випадків відрізняються вартістю, вагою та об'ємом. При цьому вони є неоднорідними за своєю роллю в торговому процесі: невелика частина товарів забезпечує найбільшу частину доходів магазину і, навпаки, широка асортиментна лінійка дає незначну частку виручки. У зв'язку з цим товарні запаси можна класифікувати як неоднорідні матеріальні запаси. Процес формування цих запасів є процесом виведення з обороту частини фінансових коштів, що призводить до необхідності створення дієвих способів ефективного управління використанням запасів, що дозволяють знизити тривалість операційного циклу, зменшити поточні витрати на зберігання, скоротити втрати від дефіциту товарів на складі і т.д. Завдання полягає в тому, щоб зробити регулювання вхідного потоку автоматичним, забезпечуючи оптимальні запаси.

У зв'язку з цим розробка системи підтримки рішення при управлінні запасами на основі інтелектуальних технологій є актуальним напрямком. Основна задача при цьому – підтримання необхідного і достатнього обсягу запасів для забезпечення плану продажів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Системи нечіткого виводу широко використовуються для вирішення завдань управління різними об'єктами і процесами. При цьому створення нечіткої моделі визначається на основі формальних параметрів досліджуваної системи в термінах лінгвістичних змінних.

В роботі [1] розроблений алгоритм визначення нечіткого трикутного числа, що дозволяє особі, що приймає рішення щодо закупівель, визначити найбільш оптимальну і прийнятну для підприємства в даний момент часу його розвитку стратегію. Застосування нечітко-множинного підходу дозволяє враховувати вплив різних варіантів вихідних даних на невизначеність планованих результатів і кількісно оцінити пов'язані з цим управлінські ризики. Апробація запропонованої економіко-математичної моделі для управління запасами сировини і матеріалів на основі врахування невизначеності зовнішнього середовища для меблевого підприємства показала, що модель є економічно ефективною і її використання дозволить мінімізувати витрати [1].

Авторами роботи [2] для автоматизації процесу управління складськими запасами описаний підхід по створенню інтелектуальної системи, що базується на застосуванні методу нечіткої логіки. В основні функції системи входять: зберігання даних по всім попереднім періодам та інформації про постачальників, "передбачення" можливих затримок у постачанні, постійний контроль в реальному масштабі часу кількості товарів на складі.

В роботі [3] запропоновано метод формалізації систем управління запасами, що відрізняється формалізацією параметрів, які мають вербальне опис і формлізуються із застосуванням нечітких інтервальних оцінок або у вигляді лінгвістичної змінної. Автором розроблено метод оптимізації управління системи управління запасами, що відрізняється концептуальним підходом, включає формулювання завдання нечіткої оптимізації, вибір моменту замовлення в моделі з проміжним контролем і розробку ситуаційної моделі, яка на основі обробки і знань фахівців в відображає відповідність між наборам і нечітких змінних, що характеризують систем у управління запасами, і параметрам і управління.

У роботі [4] представлено алгоритм побудови моделі управління запасами за умови, коли невідомий попит на ресурс моделюється за допомогою нечіткої логіки. Алгоритм може бути застосований, зокрема, і для інноваційного товару або послуги, коли історичні дані про попит відсутні. Таким чином, на основі спостережень за попитом на подібні товари та на основі суджень експертів прогнозне значення попиту може бути представлено як трикутне нечітке число. У результаті значення функції витрат, відповідно, також є нечіткими числами. Для дефазифікації цієї функції в роботі використано метод медіани, у результаті чого отримано дійснозначну функцію витрат. Для знаходження оптимальних стратегій функціонування системи управління запасами було використано критерій мінімізації функції витрат, отриманої за наведеним алгоритмом, що дозволило в явному вигляді записати оптимальні розв'язки задачі. Знайдений алгоритм пошуку оптимальних стратегій може бути використаний при побудові програмного забезпечення для оптимізації закупівель на виробництві за відсутньої історії попередніх продажів [4].

Автори [5] зробили висновок, що принципи нечіткої логіки дозволяють звести кількість необхідних даних по вантажах до мінімуму, а також врахувати різні збої в постачаннях, як за термінами, так і за кількістю. У зв'язку з цим процедуру прийняття рішення про розміщення товару в тому чи іншому місці можна перекласти на інформаційну систему, а не на експертний погляд співробітника складу. Даний підхід відкриває великі можливості для оптимізації різних логістичних завдань, може бути використаний для підвищення ефективності різних сфер діяльності підприємства.

В роботі [6] запропонована нечітка економіко-математична модель управління багатонаменклатурними товарними запасами торгово-закупівельного підприємства, цільовою функцією якої є різниця між сумарною річною виручкою і сумарними річними логістичними витратами (Що включають витрати на придбання товарів, їх зберігання на складі, оформлення замовлення і втрати від дефіциту товарів на складі). В якості змінних оптимізації використовуються щомісячні обсяги партії поставок того чи іншого товару.

Автори роботи [7] зацікавлені у виробленні хороших наближених рішень нечітких задач управління запасами, що складаються з одного елемента, з періодом N . Це проблема нечіткого управління запасами, оскільки деякі параметри (вартість замовлення, вартість зберігання, штрафні витрати) можуть бути нечіткими числами. В роботі розглянуто три випадки: (1) попит відомий кожен період; (2) попит невідомий і нечіткий кожен період; і (3) попит нечіткий і допускається відстрочений замовлення.

Застосування нечітких величин в управлінні запасами виправдано тим, що багато параметрів в таких завданнях принципово не є випадковими, хоча і відносяться до невідомих, невизначених. Управління запасами в умовах невизначеності вихідних даних із застосуванням теорії нечітких множин є актуальною задачею [1-7].

Мета дослідження: дослідити можливість використання нечіткого управління запасами дрібнооптових товарів.

Основний матеріал дослідження. Запаси на складі формуються при деякому динамічному вхідному і вихідному потоках. Оскільки вихідний потік змінюється протягом часу і у великій мірі залежить від зовнішніх умов (наприклад, попиту), то все це призводить до необхідності регулювання вхідного потоку.

Процес зміни поточних запасів володіє деякою інерційністю, а саме: після включення режиму «збільшення запасу» відбувається поступове їх накопичення. У момент відключення цього режиму запаси продовжують наростати протягом ще невеликого, але кінцевого

проміжку часу. Аналогічна картина спостерігається при включенні або відключенні режиму «зменшення запасу». Щоб врахувати всі ці особливості процесу управління запасами дрібнооптових товарів пропонується метод на основі нечіткого висновку.

В якості вхідних параметрів обрані наступні вхідні та вихідні данні:

- sold_today – вхідна змінна «кількість товарів продано сьогодні»;
- sold_yestaday – вхідна змінна «кількість товарів продано вчора»;
- sold_month_ago – вхідна змінна «кількість товарів продано місяць тому»;
- in_stock – вхідна змінна «кількість товарів на складі»;
- order – вихідна змінна «розмір заказу».

Автоматизація процесу управління запасами виконується з використанням досвіду і евристик експертів (база знань) [8]. В процесі функціонування такої системи на вхід надходять нові дані, які перетворюються в керуючий вплив. Суть проектування такої системи полягає в наступному. На першому етапі на підставі знань і досвіду експерта визначаються форма і кількість лінгвістичних термів, що описують вхідні і вихідні змінні системи. В цьому випадку емпіричні знання про даної проблемної області можуть бути представлені в формі евристичних правил правил «ЯКЩО - ТО» [8], які застосовуються в разі ручного регулювання. Ця інформація в подальшому використовується при побудові бази знань системи нечіткого виведення, яка дозволяє реалізувати дану модель нечіткого управління.

Для нечіткого управління запасами дрібнооптових товарів визначені для лінгвістичних змінних терми та функції приналежності, як показано в таблиці 1 та на рисунках 1-5.



Рисунок 1 – Функція приналежності вхідних змінних для змінної «sold_today»

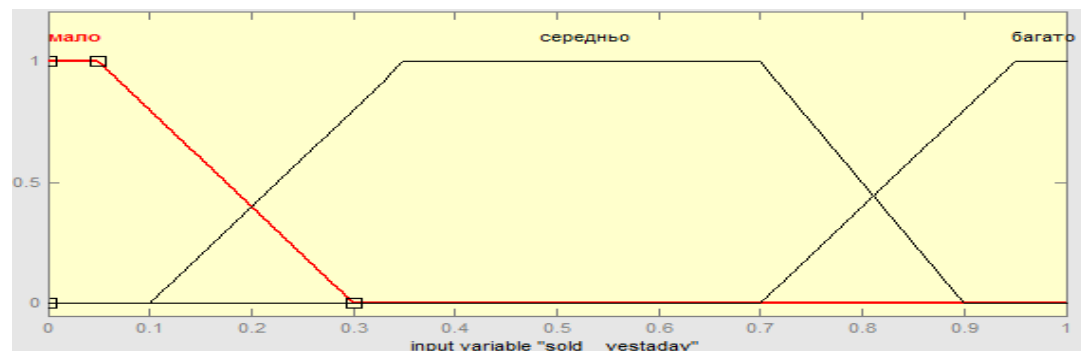


Рисунок 2 – Функція приналежності вхідних змінних для змінної «sold_yestaday»

Інформаційні технології

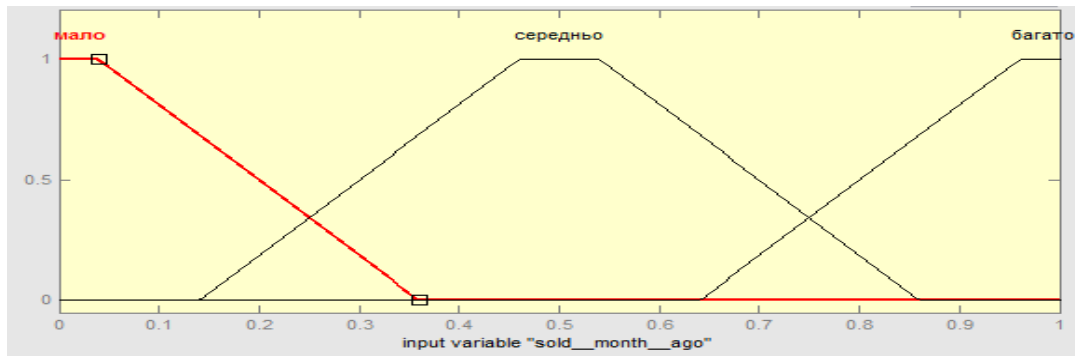


Рисунок 3 – Функція приналежності вхідних змінних для змінної «sold_month_ago»

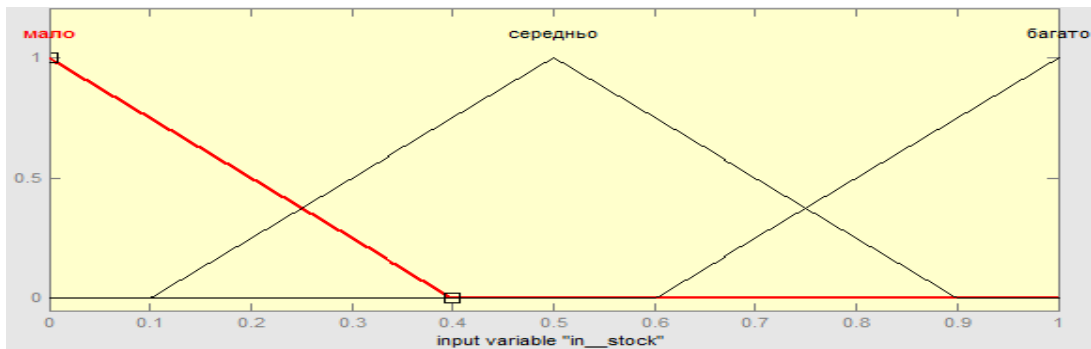


Рисунок 4 – Функція приналежності вхідних змінних для змінної «in_stock»

Таблиця 1 – Параметри лінгвістичних змінних

Ім'я лінгвістичної змінної	Терм-множина	Вид функції приналежності
sold_today	TST= {«мало», «середньо», «багато»}	Трапецевидна
sold_yestaday	TSY= {«мало», «середньо», «багато»}	Трапецевидна
sold_month_ago	TSM= {«мало», «середньо», «багато»}	Трапецевидна
in_stock	TIS= {«мало», «середньо», «багато»}	Треугольна
order	T _O = {«мало», «середньо», «багато»}	Треугольна

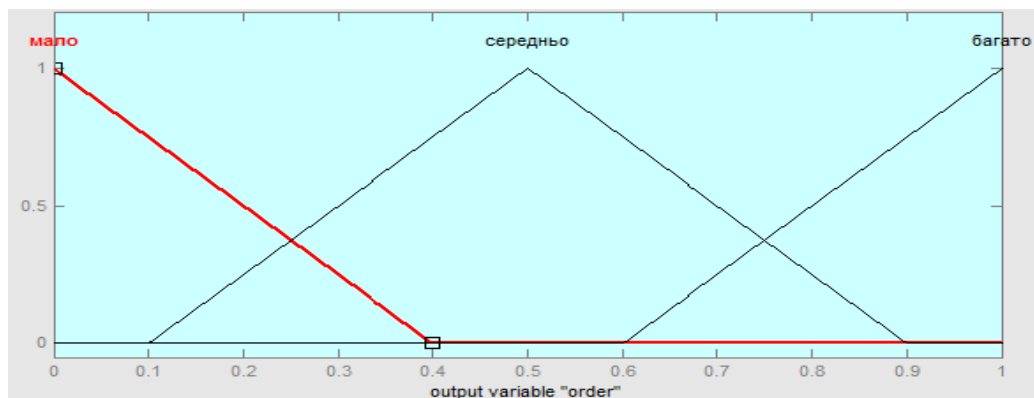


Рисунок 5 – Функції приналежності вихідної змінної order

Для перевірки моделі та методу управління запасами на основі нечіткого висновку було проведено моделювання у середовищі Matlab [9]. Знання експертів в предметній області у вигляді 81 правила були закладені у база правил, фрагмент якої наведено на рисунку 6.

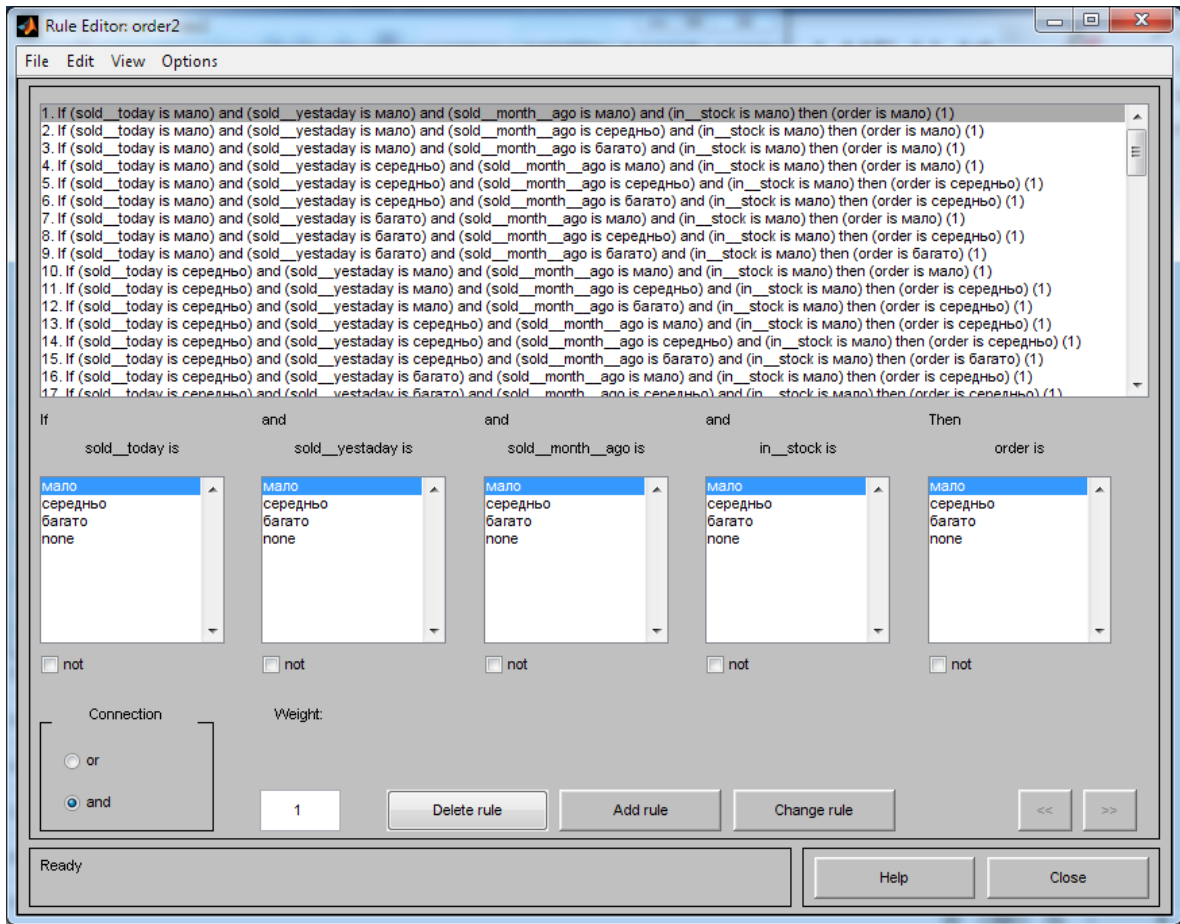


Рисунок 6 – Фрагмент бази правил

На основі цих даних був застосований механізм логічного висновку, схема якого представлена на рисунку 7.

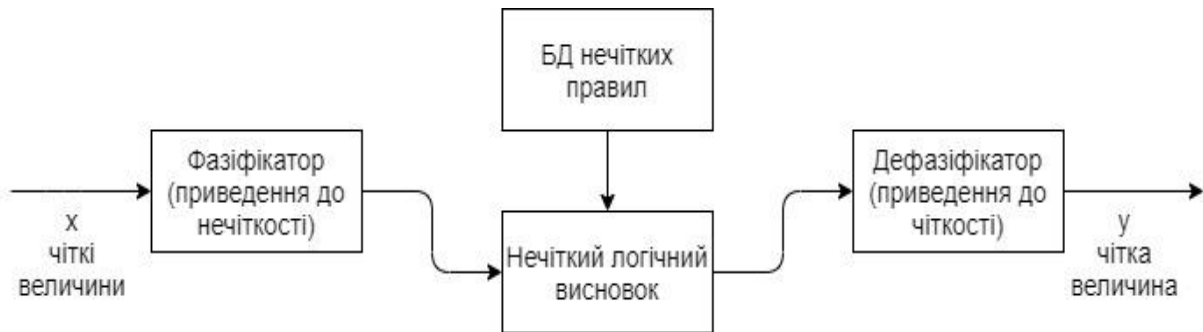


Рисунок 7 – Механізм нечіткого логічного висновку

Цей процес включає чотири складові [8]:

- введення нечіткості (фазифікація);
- нечіткий висновок;
- композиція і приведення до чіткості (дефазифікації);
- база даних нечітких правил за якими аналізуються вхідні дані і перетворюються у висновок.

На етапі фазифікації встановлюється відповідність між значенням вхідної змінної (числове значення) і функцією приналежності для кожного лінгвістичного терма, що входить в підумови бази правил системи нечіткого виведення. Дефазифікація (приведення до чіткості) являє собою процедуру знаходження чіткого значення для кожної лінгвістичної змінної. В свою чергу нечіткий логічний висновок включає агрегування, активізацію, акумуляція. Агрегування являє собою процедуру визначення ступеня істинності умов для кожного правила. Активізація визначає процедуру ступеня істинності для кожного з підвисновків правил нечітких продукцій. Акумуляція є процедуру знаходження функції приналежності для кожної вихідної лінгвістичної змінної. При цьому необхідно об'єднати (акумулювати) всі ступені істинності висновків, що належать різним правилам системи нечіткого виведення. Для методу управління запасами на основі нечіткого висновку був застосований алгоритми Мамдані (Mamdani).

На рисунку 8 приведено процес перевірки адекватності моделі

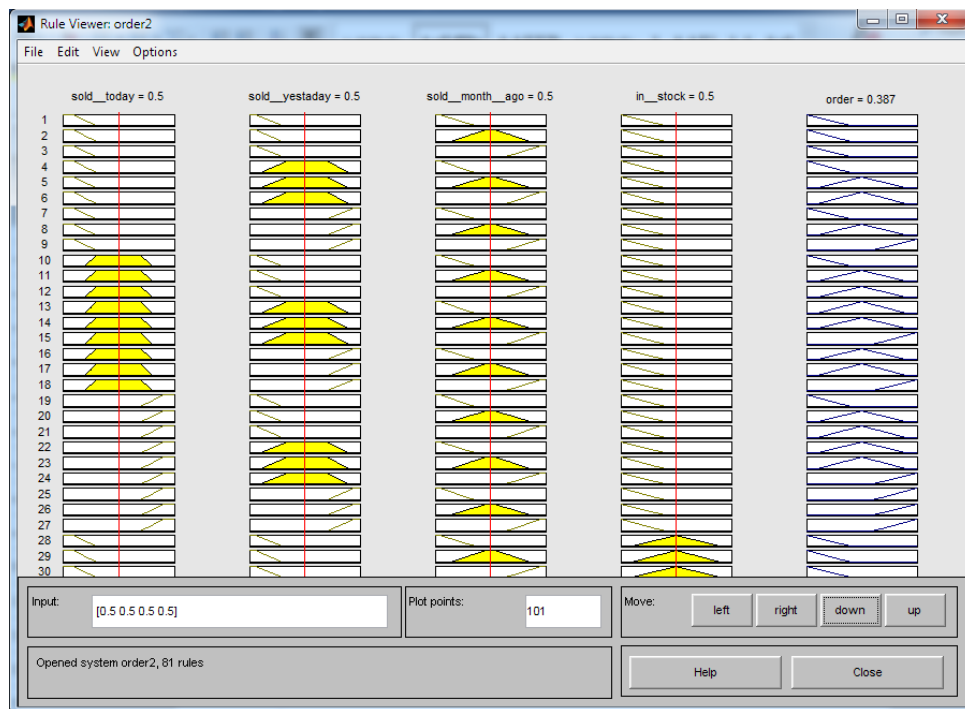


Рисунок 8 – Перевірка результатів нечіткого висновку

На основі результатів, що отримані в середовищі Matlab, виконане порівняння з думкою експертів. Результат приведено на рисунку 9.



Рисунок 9 – Фрагмент експерименту

Порівняння показало, що запропоновані вхідні дані, обрані для них параметри та сформовані правила відображають знання експертів в цій галузі. Таким чином, розроблена модель може буде впроваджена в систему підтримки рішення при управлінні запасами дрібнооптових товарів.

ВИСНОВКИ

Система нечіткого логічного висновку має переваги перед чіткої логікою:

- систему, можливо, використовувати в технічних системах, так як система має реальні вхідні і вихідні значення;
- є можливість переходу від висновків до нечітким правилам «ЯКЩО - ТО».
- для вирішення конкретного завдання, можна підібрати найбільш підходящу систему нечіткої логіки, з певними правилами.
- різні алгоритми настройки систем нечіткої логіки, дозволяють ефективно поєднувати чисельну і лінгвістичну інформацію.

Нечітка система дає можливість формалізувати величини, наявні у відділі постачання, які мають обґрунтовані варіанти, виявляти причинно-наслідкові зв'язки між регульованими параметрами в відділі і параметрами, залежними від контрагентів, а так само формулювати чіткий прогноз в умовах невизначеності. Даний підхід відкриває великі можливості для оптимізації різних постачальницьких завдань.

Список використаних джерел:

1. Модель управління запасами з нечітким трикутним попитом / Т. В. Манжос, О. О. Мельник, Ж. В. Луцишина // Бізнес Інформ. – 2018. – № 11. – С. 174–179.

2. Применение методов нечеткой логики при создании интеллектуальных систем управления складскими запасами / *Е. В. Галушко [и др.]* // *Агропанорама*. – 2017. – № 6. – С. 17–22.
3. *Єгорова, О. В.* Нечіткі моделі управління запасами : проблеми, аналіз, розвиток / *О. В. Єгорова* // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2012. – № 3 (58), т. 4. – С. 24–31.
4. *Манжос, Т. В.* Модель управління запасами з нечітким трикутним попитом / *Т. В. Манжос, О. О. Мельник, Ж. В. Луцишина* // *Бізнес Інформ*. – 2018. – № 11. – С. 174-179.
5. *Губа, К. А.* Оптимизация складской логистики с применением аппарата нечеткой логики [Электронный ресурс] / *К. А. Губа, Г. Н. Дюбанов* // *Вестник НГУ. Серия : Социально-экономические науки*. – 2013. – Т. 13, вып. 3. – С. 14–18. – Режим доступа: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/11624>
6. *Лавренюк, К. И.* Оптимизационная модель управления многономенклатурными товарными запасами предприятия в нечеткой постановке [Электронный ресурс] / *К. И. Лавренюк, Н. В. Козина* // *Мир экономики и управления*. – 2013. – Т. 13, № 3. – С. 93–98. – Режим доступа: <http://grant.rfh.ru/ais/file/publications/p/0TvVm00LV6GI3wEmn12BLb00/publication.pdf>
7. *Buckley, J. J.* Solving fuzzy problems in operations research: inventory control [Electronic resource] / *J. J. Buckley, T. Feuring, Y. Hayashi* // *Soft Computing*. – 2002. – Vol. 7. – P. 121–129. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s00500-002-0180-z>
8. *Леоненков А. В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / *А. В. Леоненков*. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 736 с.
9. MATLAB [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

Левицкая Т. А., Король Н. Д.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ МЕЛКООПТОВЫХ ТОВАРОВ МЕТОДОМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Данная статья посвящена анализу проблем управления запасами мелкооптовых товаров. Проведена систематизация научно-технической информации по теме исследования. Анализ показал, что актуальными становятся вопросы совершенствования управления запасами мелкооптовых товаров предприятия на основе построения экономико-математических моделей, которые не требуют вероятностного подхода. Для решения этих проблем успешно используется аппарат теории нечеткой логики. Рассмотрены механизм нечеткого логического вывода и его этапы. Сформированные входные переменные для системы нечеткого вывода: «количество товаров продано сегодня», «количество товаров продано вчера», «количество товаров продано месяц назад», «количество товаров на складе», а также выходное - «размер заказа». Для предложенных лингвистических переменных избраны термы и функции принадлежности. Проведено моделирование системы нечеткого вывода для планирования запасов мелкооптовых товаров в среде Matlab. Результатами экспериментов подтверждена адекватность разработанной модели, позволяющей дальнейшее внедрение предложенной модели и нечеткого метода в систему поддержки решения при управлении запасами мелкооптовых товаров.

Ключевые слова: управление запасами, мелкооптовые товары, механизм логического вывода.

Levitskaya T. O., Korol N. D.

SOLUTION SUPPORT SYSTEM FOR FUZZY LOGIC STOCK MANAGEMENT OF SMALL-WHOLESALE GOODS

This article is devoted to the analysis of the problems of inventory management of small wholesale goods. Fuzzy inference systems are widely used to solve problems of management of various objects and processes. The creation of a fuzzy model is determined on the basis of formal parameters of the studied system in terms of linguistic variables. One of the problems of inventory management is the uncertainty of the initial data and the results obtained. The goods that are stocked in most cases differ in value, weight and volume. At the same time, they are heterogeneous in their role in the trade process: a small part of the goods provides the largest part of the store's income and, conversely, a wide assortment line gives a small share of the proceeds. Therefore, the urgent task is to maintain the necessary and sufficient stocks to meet the sales plan and it is necessary to make such regulation automatic, ensuring optimal stocks. The systematization of scientific and technical information on the research topic has been carried out. The analysis showed that the issues of improving the management of stocks of small-scale wholesale goods of an enterprise on the basis of constructing economic and mathematical models that do not require a probabilistic approach are becoming relevant. To solve these problems, the apparatus of the theory of fuzzy logic is successfully used. The use of fuzzy quantities in inventory management is justified by the fact that many parameters in such problems are fundamentally not random, although they refer to unknown, uncertain. The article describes the mechanism of fuzzy inference and its stages. Formed input variables for the fuzzy inference system for inventory management of small wholesale goods "quantity of goods sold today", "quantity of goods sold yesterday", "quantity of goods sold a month ago", "quantity of goods in stock", as well as output - "order size". For the proposed linguistic variables, terms and membership functions are selected. The modeling of a fuzzy inference system for planning stocks of small wholesale goods in the Matlab environment has been carried out. The results of the experiments confirmed the adequacy of the developed model, which allows further implementation of the proposed model and the fuzzy method in the decision support system for managing stocks of small wholesale goods.

Keywords: *inventory management, small wholesale goods, inference mechanism*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С. С.

Стаття надійшла 11.11.2019 р.