

the analysis of approaches to solving the scientific problem, the problem of choosing people for a loan is attributed to the problem of binary classification. The decision tree method was chosen to solve this problem. In such a tree it is necessary to check a number of conditions for the loan, for which the use of the ID3 algorithm is chosen. The paper develops mathematical and design models for the object of study, designed a database for use in the system. The use of the decision tree method has led to the development of an effective tool to support credit decision-making. Constructed trees were tested during an experimental study using a test set of applications. The importance of the support tree of the decision support system and the speed of application processing indicate the good quality of the classification. All decisions of the system were made correctly, and the speed of processing even a large number of applications remained high. Therefore, this system can significantly improve the decision-making mechanism for lending to people of retirement age. The use of such DSS in the work of banks will significantly accelerate the adoption of such decisions by reducing the amount of redundant work to be performed by the employee. And this will help reduce queues at banks. Creating a system will significantly reduce the impact of the human factor and reduce the number of errors, reduce the risk of credit transactions, improve the working conditions of operators in the bank by reducing the burden on them, improve bank services for people of retirement age by reducing the time they will have to spend visiting and waiting for a decision.

Keywords: *decision support system, decision trees, database, experience, loan disbursement, creditworthiness.*

Стаття надійшла 21.09.2021 р.

УДК 004.896

doi.org/10.31498/2522-9990242021267125

Левицька Т. О., Кривенко О. В., Кириченко А. С.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ КУПІВЛІ АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У статті розглядається проблема вибору автомобіля при купівлі на вторинному ринку. Метою даної статті є моделювання системи підтримки прийняття рішень при купівлі автомобіля на основі нечіткої логіки засобами Matlab Fuzzy.

Для поставленої мети роботи було проведено аналіз літературних джерел. Прийняття рішень є одним з важливих етапів для будь-якої цілеспрямованої людської діяльності. Існує безліч підходів для розробки систем підтримки прийняття рішень, використовують різні підходи: кореляційний і регресійний аналіз, сценарні методи, теорія ігор, нечітка логіка та інші. Прийняття рішень в проблемно інформаційних системах і системах управління здійснюється в умовах апріорної невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вихідних даних, стохастичною природою зовнішніх впливів, відсутністю адекватної математичної моделі, нечіткістю сформульованої мети, людським фактором та інші. На основі проведеного аналізу було вирішено використовувати нечітку логіку при побудові математичної моделі. Оскільки саме нечітка логіка дозволяє працювати в умовах апріорної невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вихідних даних. Крім цього вибір людини завжди несе в собі неточність. В роботі визначені основні критерії, що впливають на вибір автомобілю при купівлі на вторинному ринку, а саме, вартість, експлуатаційні витрати в подальшому використанні і надійність автомобілю. Для побудованої нечіткої математичної моделі наведено опис вхідних лінгвістичних змінних, та вихідної лінгвістичної змінної. Побудовано базу правил, яка включає в себе поєднання всіх можливих варіантів термів лінгвістичних змінних.

Інформаційні технології

Наведено зображення моделювання системи підтримки прийняття рішень при купівлі автомобіля та її перевірки. Було проведено дослідження, яке показало, що розроблена модель дає результат аналогічний результату експерта в обраній предметній області. Тим самим дослідження підтверджує адекватність розробленої моделі та можливість її подальшого використання. Розроблена модель може бути корисною використовувати як звичайному користувачу при виборі автомобіля, так і на майданчиках, де представляють автомобілі для купівлі, у разі якщо покупець не знає точно який саме автомобіль він хоче придбати.

Ключові слова: моделювання, нечітка логіка, лінгвістична змінна, Matlab Fuzzy. вибір автомобілю.

Постановка проблеми. Всі люди є споживачами. Наявність конкуренції між виробниками покращує якість товарів, знижує їх вартість і змушує покупця вибирати серед великого асортименту товарів такої, яка б максимально задовольняв його потреби. Так, кожен автолюбитель хоча б раз в житті стояв перед вибором автомобіля для його покупки.

Велика кількість інформації про техніко-економічні характеристики автомобіля не дозволяє однозначно прийняти рішення про вибір конкретної машини.

В даний час розвиток інформаційних технологій відкриває можливості для вдосконалення функцій аналітичних інформаційних систем в цілому і експертних систем зокрема. Коли алгоритм вирішення задачі заздалегідь не відомий, експертні інформаційні системи і системи підтримки прийняття рішень імітують логічні міркування в умовах невизначеності управління, що досягається шляхом формування ланцюжка правил виведення на базі знань [1].

Прийняття рішень є одним з важливих етапів для будь-якої цілеспрямованої людської діяльності. Існує безліч підходів для розробки систем підтримки прийняття рішень, використовують різні підходи: кореляційний і регресійний аналіз, сценарні методи, теорія ігор, нечітка логіка та інше. Але практично всі попередні експертні системи моделювали процес прийняття експертом рішення як дедуктивний процес з використанням виведення, ґрунтується на класифікаційних правилах. Це означало, що в систему закладалися сукупність правил виду «якщо ... то ...», згідно з якими на підставі вхідних даних генерувалося те чи інше рішення, що цікавить проблеми.

Як відомо, прийняття рішень в проблемноінформаційних системах і системах управління здійснюється в умовах апріорної невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вихідних даних, стохастичною природою зовнішніх впливів, відсутністю адекватної математичної моделі, нечіткістю сформульованої мети, людським фактором та інше.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченню методик нечіткого логічного висновку в системах підтримки прийняття рішень присвячено значну кількість робіт вітчизняних і зарубіжних авторів. Так розробка моделей експертних систем з використанням нечіткої математики описано в [2].

Також можна виділити ряд робіт, які розглядають застосування систем підтримки прийняття рішень, заснованих на базах знань в різних предметних областях: в медицині [3] і процесу навчання [4].

В роботі [5] автори пропонують нечітку логіку, засновану на дворівневої ієрархічної моделі прийняття рішень, яка включає в себе основні фактори, що впливають на купівельну поведінку, такі як екологічні, ситуаційні, психологічні, соціальні та інші чинники, які за своєю природою невизначені і неточні.

У дослідній роботі [6] досліджується рівень якості продукції на основі параметрів якості. Пріоритети клієнтів при покупці двоколісних транспортних засобів були проаналізовані для різних виробників за допомогою структурованої анкети. Це дослідження

використовує як емпіричний підхід, так і підхід нечіткої логіки для досягнення цілей дослідження.

В роботі [7] піднімається питання порівняння продажів конкурентів яке набуває все більшого значення як для дослідників, так і для практиків в області маркетингу, щоб отримати уявлення про приблизну тенденції до потреб споживачів до їх продуктам. У цій статті підкреслюється той факт, що сучасні маркетингові стратегії повинні враховувати прогнозовану схильність споживачів, як мінімум, в найближчому майбутньому. Прогнозування майбутніх продажів конкуруючих продуктів може бути отримано з використанням багатьох методів. Тут пропонується новий метод, заснований на нечіткій логіці, який порівнює прогнозовані записи продажів конкуруючих продуктів і, відповідно, визначає, який з них кращий.

Дослідження [8] було спрямоване на те, щоб передбачити, наскільки успішним буде працювати бізнес. Бізнес працював і міг витримувати жорстку ринкову конкуренцію, якщо компанія розраховувала на задоволення потреб споживачів. Поведінка споживачів залежить від таких характеристик продукту, як зовнішній вигляд, стиль, якість і ціна. Це дослідження побудувало регресійну модель між рівнем освіти, доходу і купівельної спроможності з використанням нечіткої логіки. Ця регресійна модель призначалася для прогнозування бізнес-можливостей, які будуть реалізовані на основі кореляції між рівнем освіти, доходом і купівельною спроможністю.

В роботі [9] автори спираються в дослідження на нечітку логіку, щоб, при зберіганні запас товарів мати можливість регулювати, щоб товари не були надмірними в запасах або менше в запасах товарів, які будуть продаватися. Автор обґрунтовує необхідність побудувати систему, яка допоможе кооперативу визначати кількість замовлених товарів. Щоб дати рекомендацію за кількістю замовлень на товари, буде розраховано з використанням методу нечіткої логіки, а саме алгоритму Цукамото, який вважається придатним з точки зору рекомендації кількості замовлень на покупку товарів.

В роботі [10] пояснюється концепція нечіткого максимального підмножини безлічі альтернатив. Нечіткі версії теореми Ерроу та теорема Блека про медіанну вибірку для нечітких переваг. Автори досліджують, як однозначний і точний вибір породжується нечіткими уподобаннями і задовольняє точний вибір, викликаний нечіткими уподобаннями, певним правдоподібним відносин раціональності.

У статті [11] розглядається складність проблем, з якими стикаються люди в процесі прийняття рішень, що може виявити безліч проблем в процесі вирішення. У цьому дослідженні були представлені DSS на основі FL і наведені різні додатки, які використовуються в галузі медицини.

В роботі [12] розглядається питання, що в сучасній економіці підприємствам часто доводиться приймати рішення в умовах ризику. Але люди можуть робити помилки, ґрунтуючись на своїх рішеннях, що може привести до банкрутства. Отже, існує потреба у впровадженні системи підтримки прийняття рішень, яка буде приймати правильні рішення на основі вхідних даних. У даній статті представлена розробка і реалізація системи підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки.

Мета дослідження. Моделювання системи підтримки прийняття рішень при купівлі автомобіля на основі нечіткої логіки засобами Matlab Fuzzy. Розроблена модель може бути використана в якості інструменту аналізу автомобіля для покупця на вторичному ринку.

Виклад основного матеріалу. В результаті роботи була розроблена модель для підтримки прийняття рішень при купівлі автомобіля на основі нечіткої логіки. В розробленій моделі на основі вхідних лінгвістичних змінних: X – вартість (в тисячах гривень $[0; 600]$ тисяч гривень), Y – експлуатаційні витрати (у відсотках від вартості за один рік експлуатації $[0; 30]$ %) і Z – надійність (в умовних одиницях $[0; 1]$) розраховується вихідна лінгвістична змінна T – рішення про покупку автомобіля, на основі нечіткого висновку (в умовних одиницях $[0; 1]$).

Безлічі X , Y і Z були прийняті вхідними лінгвістичними змінними системи нечіткого логічного висновку з термами – нечіткими підмножинами:

$X_1 \in X$ – низька вартість, $X_2 \in X$ – прийнятна вартість, $X_3 \in X$ – максимально можлива вартість, $X_4 \in X$ – висока вартість;

$Y_1 \in Y$ – низькі витрати, $Y_2 \in Y$ – оптимальні витрати, $Y_3 \in Y$ – неприйнятні витрати;

$Z_1 \in Z$ – низька надійність, $Z_2 \in Z$ – середня надійність, $Z_3 \in Z$ – висока надійність, $Z_4 \in Z$ – бездоганна надійність.

При цьому в якості вихідної лінгвістичної змінної T з безліччю значень $[0 \dots 1]$ вибрано «рішення про покупку автомобіля» з термами $\{W_1 \in W$ – так; $W_2 \in W$ – скоріше так ніж ні; $W_3 \in W$ – скоріше ні, ніж так; $W_4 \in W$ – ні}.

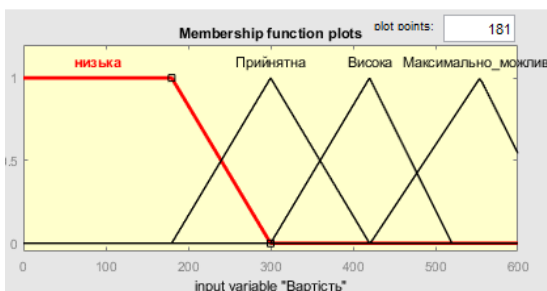
Розроблена модель, спирається на експертні знання спеціаліста, що працює в автомобільному центрі підбору автотранспорту на вторичному ринку.

Нечітка логіка є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки. Основною причиною її появи стало наявність нечітких і наближених міркувань при описі людиною процесів, систем, об'єктів. Було вирішено взяти за основу алгоритм Мамдані.

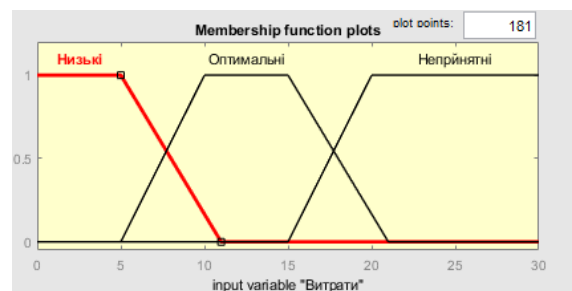
Для перевірки розробленої математичної моделі прийняття рішення стосовно купівлі автомобіля, було проведено моделювання засобами Matlab Fuzzy.

Були задані вхідні змінні, при цьому значення вхідних лінгвістичних змінних приводиться до нечіткого значення – етап фазифікації, вихідна лінгвістична змінна, рисунки 1 а, б – 2 а, б.

Для вхідної лінгвістичної змінної «Вартість» визначено чотири терми: низька, прийнятна, максимально можлива, висока, рисунок 1 а). Для вхідної лінгвістичної змінної «Експлуатаційні витрати» визначено три терми: низькі, оптимальні, неприйнятні, рисунок 1 б).



а) Вхідні лінгвістична змінні «Вартість»

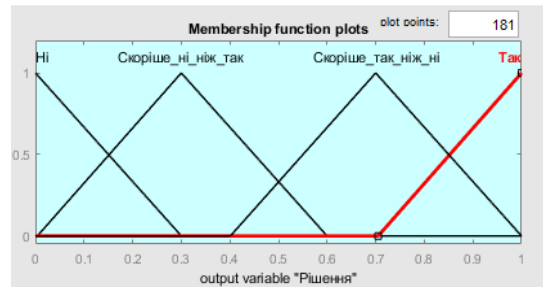
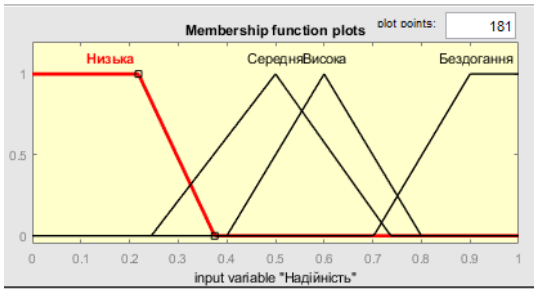


б) Вхідна лінгвістична змінна «Експлуатаційні витрати»

Рисунок 1 – Вхідні лінгвістичні змінні

Для вхідної лінгвістичної змінної «Надійність» визначено чотири терми: низька, середня, висока, бездоганна 2 а). Для вихідної лінгвістичної змінної «Рішення про покупку автомобіля» визначено чотири терми: ні; скоріше ні, ніж так; скоріше так, ніж ні; так, рисунок 2 б).

Інформаційні технології



а) Вхідна лінгвістична змінна «Надійність»

б) Вихідна лінгвістична змінна «Рішення про покупку автомобіля»

Рисунок 2 – Вхідна лінгвістична змінна та вихідна лінгвістична змінна

Після чого було створено базу правила, що включає в себе поєднання всіх термів всіх лінгвістичних змінних. Це поєднання дало можливість зробити повну базу правил, база правил включає в себе 48 правил.

Після розробки моделі, можна її протестувати, змінюючи показники вхідних змінних можна відслідкувати зміну вихідної змінної, рисунок 3.

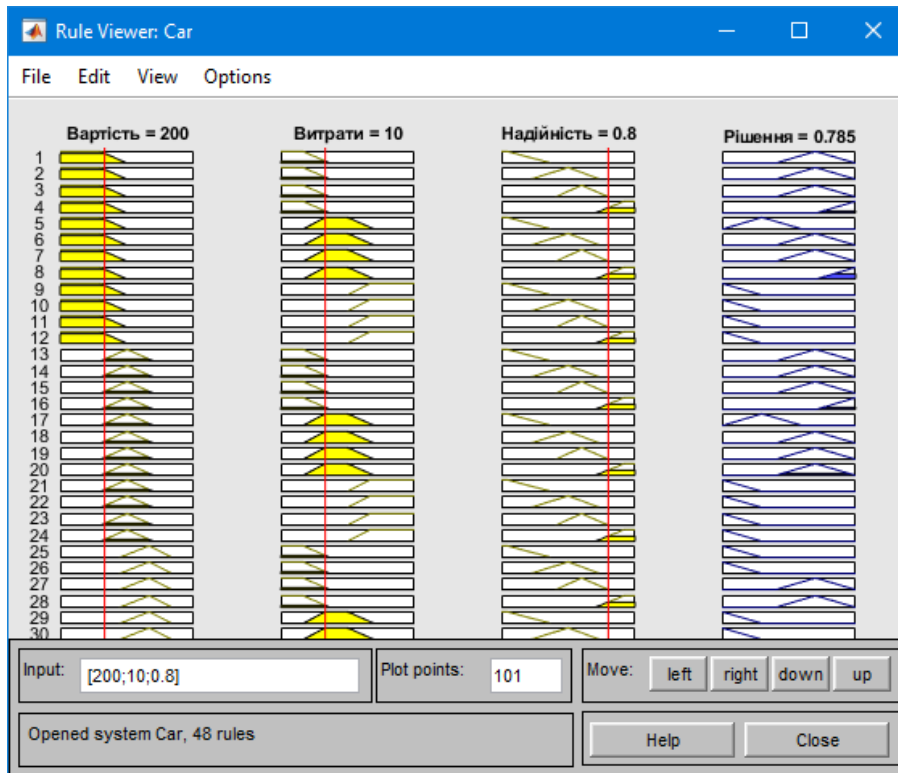


Рисунок 3 – Тестування розробленої моделі

Перевірка роботи розробленої нечіткої моделі, показало її адекватність. Для подальшої перевірки розробленої моделі системи підтримки прийняття рішень при виборі автомобіля для купівлі проводилося дослідження. Яке включало в себе порівняння даних від експерта та від розробленої моделі.

Для отримання характеристик автомобілів доцільно провести окреме дослідження. Однак в рамках даної роботи значення характеристик були встановлені експертом самостійно відповідно до заявлених цін, технічного стану автомобілів, досвідом і інтуїцією людини що приймає рішення. Експерт спирався на значення на поточний момент вторинного ринку.

Результати порівняння значень для графічного аналізу наведено на рисунку 4. Горизонтальні лінії відсікають проміжки термів для вихідної лінгвістичної змінної.

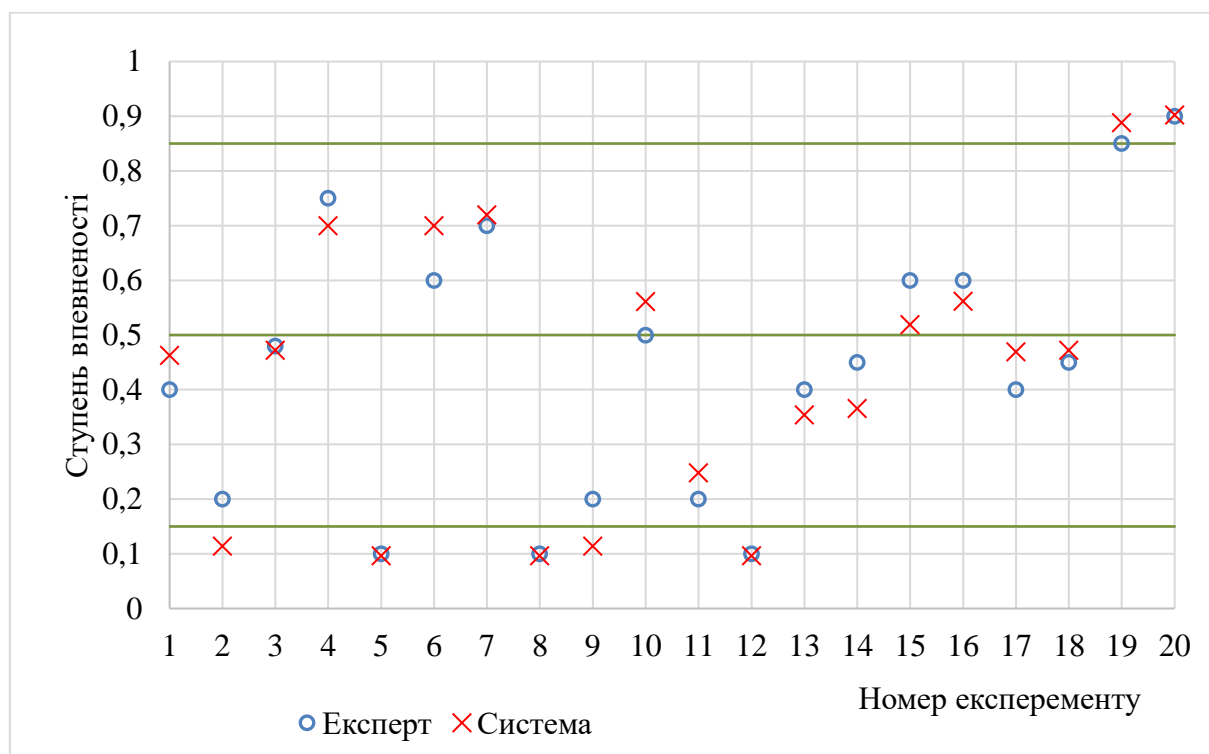


Рисунок 4 – Порівняння вибору автомобіля експертом та системою

Для перевірки значень використовувалась середня абсолютна помилка, її значення не перевищує 0,1 тобто помилка є незначною. Аналізуючи результати, що можна побачити на графіку 4 можна зробити висновок, що розроблена система підтримки прийняття рішень при купівлі автомобіля своїми результуючими значеннями не відхиляються від даних отриманих від експерту. Значення полягають в тих же термах вихідної лінгвістичної змінної, окрім двох результатів експерименту, там значення є пограничними. При цьому можна стверджувати, що отримані результати є досягненням поставленої мети. Отримані результати підтверджують адекватність розробленої математичної моделі.

ВИСНОВКИ

Актуальність даної роботи полягає в тому, що сучасне суспільство в рамках урбанізації в більшості випадків пересувається на індивідуальному транспорті. Тому вибір автомобіля перед покупкою є актуальною задачею, оскільки ні всі люди є професіоналами в цій області.

Для перевірки розробленої нечіткої моделі вибору автомобіля при купівлі було змодельовано засобами Matlab fuzzy, що дозволило перевірити адекватність розробленої моделі ті визначити залежність вхідних даних на вихідну лінгвістичну змінну.

Розроблену систему підтримки прийняття рішень можна використовувати як звичайному користувачу при виборі автомобіля, так і на майданчиках, де представляють автомобілі для купівлі, у разі якщо покупець не знає точно який саме автомобіль він хоче придбати. Розроблений підхід збільшить правильність вибору автомобіля для покупця,

порівняно від самостійного вибору, оскільки в основі системи полягають експертні знання фахівця з підбору автомобіля.

Список використаних джерел:

1. *Копиріна, А. С.* Побудова типової системи правил виведення з бази знань [Електронний ресурс] / *А. С. Копиріна, А. О. Копиріна* // Програмні системи і обчислювальні методи. – 2021. – № 1. – С. 1–9. – Режим доступу: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=34798
2. Fuzzy logic usage for the data processing in the Internet of Things networks [Electronic resource] / *L. Globa [et al.]* // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2018) : материалы междунар. научно-техн. конф. (Минск, 15–17 февраля 2018 г.). – Минск, 2018. – С. 287–292. – Mode of access: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/30355>
3. A method and knowledge base for automated inference of patient problems from structured data in an electronic medical record / *A. Wright [et al.]* // Journal of the American Medical Informatics Association. – 2011. – Vol. 18, N 6. – P. 859–867.
4. Modeling relation paths for representation learning of knowledge bases [Electronic resource] / *Y. Lin [et al.]* [Electronic resource]. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1506.00379.pdf>
5. *Sadikoglu, G.* Fuzzy Logic Based Modelling of Decision Buying Process [Electronic resource] / *G. Sadikoglu, T. Saner* // 13th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing – ICAFS-2018 (Warsaw, August 27–28, 2018 y.): conf. proceedings. – [S. l.], 2018. – P. 185–194. – (Advances in Intelligent Systems and Computing ; vol. 896). – Mode of access: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04164-9_26
6. *Yogi, K. Sri* An empirical and fuzzy logic approach to product quality and purchase intention of customers in two wheelers [Electronic resource] / *K. Sri Yogi* // Pacific Science Review B: Humanities and Social Sciences. – 2015. – Vol. 1, N 1. – P. 57–69. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.psr.b.2016.02.001>
7. *Banerjee, Anuradha* Fuzzy Logic-Based Comparison of Predicted Sales Records of Competing Products [Electronic resource] / *Banerjee, Anuradha* // Vision: The Journal of Business Perspective. First Published January 12, 2021. – Mode of access: <https://doi.org/10.1177/0972262920971473>
8. *Aryanti, Aryanti* The Use of Fuzzy Logic to Predict Business Opportunities by Consumer Behaviour [Electronic resource] / *Aryanti Aryanti, Mekongga Ikhtison* // Advanced Science Letter. – 2017. – Vol. 23, N 11, November. – P. 10932–10934. – Mode of access: <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8647>
9. *Laksa Wibawa* Recommendation System Cooperative Stock Goods Orders Using Fuzzy Tsukamoto [Electronic resource] / *Laksa Wibawa, Muhammad Ridwan Satrio, Wayan Sri Ariyani* // International Journal of Engineering and Emerging Technology. – 2018. – Vol. 3, N 2, July-December. – P. 97–103. – Mode of access: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ijeet/article/view/45615>
10. *Mordeson, J. N.* Application of Fuzzy Logic to Social Choice Theory / *J. N. Mordeson, D. S. Malik, T. D. Clark*. – New York : Chapman and Hall/CRC, 2015. – 352 p.
11. *Gorgulu, Ozkan* Use of Fuzzy Logic Based Decision Support Systems in Medicine [Electronic resource] / *Gorgulu, Ozkan, Asli Akilli* // Studies on Ethno-Medicine. – 2016. – Vol. 10, N 4. – P. 393–403. – Mode of access: <https://doi.org/10.1080/09735070.2016.11905512>
12. *Tishkina, V. V.* Application of Fuzzy Logic in Decision Support System for Analysis of Condition Enterprises / *V. V. Tishkina, A. N. Pylkin, A. V. Kroshilin* // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (Sochi, September 9–16, 2018 y.): conf. proceedings. –

[S.1.], 2018. – P. [1–5]. – Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8501735/citations?tabFilter=papers#citations>

Левицкая Т. А., Кривенко О. В., Кириченко А. С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОКУПКИ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В статье рассматривается проблема выбора автомобиля при покупке на вторичном рынке. Целью данной статьи является моделирование системы поддержки принятия решений при покупке автомобиля на основе нечеткой логики средствами Matlab Fuzzy.

Для поставленных целей работы был проведен анализ литературных источников. На основе проведенного анализа было решено использовать нечеткую логику при построении математической модели. Поскольку именно нечеткая логика позволяет работать в условиях априорной неопределенности, обусловленной неточностью или неполнотой исходных данных. Кроме этого, выбор человека всегда несет в себе неточность. В работе определены основные критерии, влияющие на выбор автомобиля при покупке на вторичном рынке, а именно стоимость, эксплуатационные расходы в дальнейшем использовании и надежность автомобиля. Для построенной нечеткой математической модели приведено описание входных лингвистических переменных и выходной лингвистической переменной. Построена база правил, которая включает в себя сочетание всех возможных вариантов лингвистических терминов переменных.

Приведены изображения моделирования системы поддержки принятия решений при покупке автомобиля и его проверки. Было проведено исследование, показавшее, что разработанная модель дает результат аналогичный результату эксперта в выбранной предметной области. Тем самым исследование подтверждает адекватность разработанной модели и возможность ее дальнейшего использования. Разработанная модель может быть полезна использовать как обычному пользователю при выборе автомобиля, так и на площадках, где представляют автомобили для покупки, в случае если покупатель не знает точно, какой именно автомобиль он хочет приобрести.

Ключевые слова: моделирование, нечеткая логика, лингвистическая переменная, Matlab Fuzzy. выбор автомобиля.

Levytska T. O., Kryvenko O. V., Kirichenko A. S.

SIMULATION OF A SUPPORT SYSTEM DECISION MAKING WHEN PURCHASING A CAR BASED ON FUZZY LOGIC

The article considers the problem of choosing a car when buying on the secondary market. The purpose of this article is to model the decision support system when buying a car based on fuzzy logic using Matlab Fuzzy.

For the purpose of the work the analysis of literary sources was carried out. Decision-making is one of the important stages for any purposeful human activity. There are many approaches to developing decision support systems, using different approaches: correlation and regression analysis, scenario methods, game theory, fuzzy logic and more. Decision-making in problem information systems and management systems is carried out in conditions of a priori uncertainty due to inaccuracy or incompleteness of the source data, stochastic nature of external influences, lack of adequate mathematical model, vague goal, human factor and more. Based on the analysis, it was decided to use fuzzy logic in building a mathematical model. Because fuzzy logic allows you to work

in conditions of a priori uncertainty due to inaccuracy or incompleteness of the original data. In addition, a person's choice is always inaccurate. The paper identifies the main criteria influencing the choice of car when buying on the secondary market, namely, cost, operating costs in future use and reliability of the car. For the constructed fuzzy mathematical model, a description of the input linguistic variables and the output linguistic variable is given. The base of rules which includes a combination of all possible variants of terms of linguistic variables is constructed.

The image of modeling the decision support system when buying a car and its verification is given. A study was conducted which showed that the developed model gives a result similar to the result of an expert in the chosen subject area. Thus, the study confirms the adequacy of the developed model and the possibility of its further use. The developed model can be useful to use both for the average user when choosing a car, and on the sites where cars are presented for purchase, if the buyer does not know exactly which car he wants to buy.

Keywords: modeling, fuzzy logic, linguistic variable, Matlab Fuzzy, car choice.

Стаття надійшла 12.05.2021 р.