

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Ігор ШЕЛЕХОВ
(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 122 - Комп'ютерних наук,

освітньо-наукової програми «Інформатика»

на тему: «Інформаційна технологія оцінки якості електронних навчальних ресурсів»

здобувача групи ІН.м-24 Сєдих Юрія Миколайовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Юрій СЄДИХ
(підпис)

Керівник,
доцентка кафедри комп'ютерних
Наук, к.т.н

Наталія БАРЧЕНКО _____
(підпис)

Суми – 2023

Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»
 В.о. завідувача кафедри
 _____ Ігор ШЕЛЕХОВ
 (підпис)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 122 - Комп'ютерних наук, освітньо-наукової програми «Інформатика»
 здобувача групи ІН.м-24 Сєдих Юрія Миколайовича

1. Тема роботи: «Інформаційна технологія оцінки якості електронних навчальних ресурсів»
 затверджую наказом по СумДУ від «06» грудня 2023 р. № 1412-VI
2. Термін здачі здобувачем кваліфікаційної роботи
3. Вхідні дані до кваліфікаційної роботи _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
Було розроблено три пункти: аналіз та постановка задачі дослідження, вибір методів дослідження та опис програмної реалізації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____
6. Консультанти до проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20 ____ р.

Завдання прийняв до виконання _____
 (підпис)

Керівник _____
 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Керівник

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Записка: 52 сторінки, 33 рисунка, 1 додаток, 25 джерел.

Обґрунтування актуальності теми роботи – Тема кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки присвячена розробці інформаційної технології, яка буде враховувати сучасні тенденції, та інтегрує нечітку логіку для підвищення точності отриманих результатів, разом з експертними системами, які підвищують її об'єктивність.

Об'єкт дослідження — процес оцінювання якості електронних навчальних ресурсів.

Мета роботи — розробка інформаційної технології оцінки якості електронних навчальних ресурсів.

Методи дослідження — алгоритми прийняття рішень, експертні системи, нечітка логіка.

Результати — розроблено інформаційну технологію оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Програмна реалізація цієї технології надає можливість отримувати оцінку якості електронних навчальних ресурсів на основі нечітких вхідних критеріїв якості.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ, НЕЧІТКА ЛОГІКА,
MATLAB, FUZZY LOGIC, ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ
РЕСУРСІВ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ.....	7
1.1 Вплив електронних ресурсів на вищу освіту	9
1.2 Електронні навчальні ресурси Сумського Державного Університету (СумДУ)	12
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ.....	15
2.1 Експертні системи.....	15
2.2 Середовище розробки Fuzzy Logic Toolbox	19
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ	22
3.1 Вхідні дані задачі	22
3.2 Програмна реалізація.....	23
3.3 Оцінка електронного навчального ресурсу.....	40
ВИСНОВОК.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45
ДОДАТОК А.....	48

ВСТУП

Актуальність . Застосування інформаційних-комунікаційних технологій це одна із найважливіших складових дистанційного навчання. Яке з ряду причин все більше і більше набирає популярності в нашій країні. Звісно, дистанційне навчання значно складніше, і потребує покращення, але збільшення різних платформ, цифрових інструментів та електронних ресурсів полегшує навчання. З покращенням електронних ресурсів, покращується і процес навчання.

Об'єкт дослідження. Інформаційна технологія оцінки якості електронних навчальних ресурсів.

Предмет дослідження. Методи та підходи до оцінки якості електронних навчальних ресурсів.

Гіпотеза. Оцінка якості електронних навчальних ресурсів дозволяє нам покращувати та створювати різні ресурси відповідно до стандартів.

Новизна. В даній роботі була розроблена система оцінки якості електронних навчальних ресурсів, що дає змогу оцінити нам електронний ресурс.

Структура. Дана робота складається зі вступу, визначення актуальності даної теми. Постановки задачі, оглядів методів оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Було розроблено модель оцінки якості електронних навчальних ресурсів в Fuzzy Logic Toolbox пакету MATLAB. Також, був оцінений електронних ресур як експертом так і розробленою моделлю оцінки.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

Використання цифрових та електронних освітніх ресурсів набуває все більшої актуальності. Тому все більшого попиту набуває проблема дослідження цифрових освітніх ресурсів та їх можливостей у навчальному процесі.

Використання електронних освітніх ресурсів є невід'ємною складовою нашого життя. Електронні освітні ресурси мають на меті зацікавлення розширеної аудиторії використовувати, накопичувати та поширювати інформацію, яка розміщена на електронних носіях. Саме електронні освітні ресурси можуть стати найефективнішими у розвитку інтелектуального потенціалу здобувачів освіти та надати можливість здобути освіту протягом усього життя, незалежно від місця проживання [6].

Електронний ресурс визначається як ресурс, який потребує доступу до комп'ютера або будь-якого електронного продукту, який надає колекцію даних, будь то повнотекстові бази, електронні журнали, колекції зображень, інші мультимедійні продукти. Вони можуть бути доставлені на диску, на плівці, через Інтернет або будь-яким іншим способом. Вони більш корисні завдяки властивим можливостям для маніпулювання та пошуку, надання доступу до інформації є дешевшим за отримання інформаційних ресурсів, заощадження на зберіганні та обслуговуванні тощо, а іноді електронна форма є єдиною альтернативою [4].

Вони можуть бути доставлені на диски, касети та через Інтернет і через інші види. Надання доступу до електронних ресурсів – це послуга, яка допомагає користувачам бібліотеки знаходити електронні бази даних, електронні журнали, електронні журнали, електронні книги/е-аудіо/е-зображення, дані/ГІС, проекти цифрових бібліотек, електронні виставки, е Тематичний посібник, електронні інформаційні бюлетені, матеріали електронних конференцій та інструменти веб-пошуку з різних тем. Електронні книги є корисними через їхню легкість

переносимості та особливість поміщати більше ніж одну книгу в один портативний пристрій. Опубліковані матеріали також доступні на платформі відкритого доступу [2].

Перевагами електронних ресурсів є:

- Отримати доступ до джерела інформації більш ніж одним користувачам.
- Електронні ресурси можна швидко шукати.
- Користувач може їх легко знайти.
- Ці ресурси можуть зберігатися у величезній кількості.
- Кількість часу, витраченого на використання електронних ресурсів.
- Аналізує мету використання респондентом електронних ресурсів
- Знати різні типи електронних ресурсів, якими зазвичай користуються респонденти
- Збирати, зберігати, систематизувати інформацію в цифровому вигляді

Електронні ресурси та їхні послуги відіграють ключову роль у поширенні знань, революціонізуючи спосіб обміну інформацією, доступу до неї та використання. Використовуючи електронні ресурси, установи та окремі особи можуть подолати обмеження фізичних бар'єрів і традиційних моделей публікації, що веде до більш ефективного та широкого поширення знань. Електронні ресурси надають широкий спектр матеріалів, включаючи наукові статті, електронні книги, онлайн-журнали, бази даних, сховища досліджень, різноманітні курси та платформи доступ до яких можна отримати глобально та миттєво. Ця доступність сприяє ширшому поширенню знань через географічні кордони, дозволяючи дослідникам, науковцям і студентам з різних куточків світу отримувати доступ до тієї самої інформації одночасно. Крім того, електронні ресурси сприяють швидкому поширенню нових результатів досліджень, уможливаючи своєчасний обмін ідеями та досягненнями в академічних і професійних

спільнотах. Через онлайн-платформи та цифрові бібліотеки електронні ресурси сприяють співпраці та обміну знаннями, заохочуючи міждисциплінарні дослідження та сприяючи інноваціям. Крім того, оцифрування ресурсів зменшує бар'єри для входу, роблячи знання більш доступними та доступними для ширшої аудиторії, включаючи осіб, які можуть не мати доступу до фізичних бібліотек чи наукових журналів. Загалом, електронні ресурси та їхні послуги змінили поширення знань шляхом підвищення доступності, прискорення обміну інформацією, сприяння співпраці та демократизації інтелектуальних пошуків [7].

1.1 Вплив електронних ресурсів на вищу освіту

Вплив електронних ресурсів на вищу освіту був глибоким, змінивши весь досвід навчання та переосмисливши спосіб отримання, поширення та використання знань. Електронні ресурси спричинили трансформаційні зміни, які принесуть користь як студентам, викладачам, так і навчальним закладам [9]. Основними впливами електронних ресурсів на навчання в вузах є:

- Доступ до великого сховища знань: електронні ресурси зробили революцію в доступі до інформації, надаючи студентам і дослідникам миттєвий доступ до великого сховища наукових статей, електронних книг, журналів і дослідницьких матеріалів з різних дисциплін. Цей необмежений доступ до інформації демократизував навчання, дозволяючи студентам досліджувати різноманітні предмети та брати участь у комплексних дослідженнях, незалежно від їхнього географічного розташування чи інституційної приналежності.
- Покращений досвід навчання: електронні ресурси збагатили досвід навчання, додавши до навчального вмісту інтерактивні та мультимедійні елементи. Онлайн-платформи пропонують цікаві

навчальні матеріали, симуляції та інтерактивні модулі, що сприяють активному навчанню, критичному мисленню та навичкам вирішення проблем. Студенти можуть адаптувати свій навчальний шлях до свого темпу та вподобань, що веде до глибшого розуміння та збереження знань.

- Гнучкість і зручність: завдяки електронним ресурсам вища освіта стала більш гнучкою та зручною. Студенти можуть отримати доступ до матеріалів курсу, літератури та завдань з будь-якого місця та в будь-який час за допомогою різних пристроїв, таких як ноутбуки, планшети чи смартфони. Ця гнучкість забезпечує різноманітні стилі навчання та враховує потреби тих, хто навчається дистанційно, працюючих спеціалістів і тих, хто має напружений графік.
- Глобальне підключення та співпраця: електронні ресурси подолали географічні бар'єри, сприяючи глобальному підключенню та співпраці між студентами та викладачами. Віртуальні класи, онлайн-дискусійні форуми та платформи для співпраці дозволяють студентам спілкуватися з однолітками та експертами з усього світу, сприяючи міжкультурному розумінню, обміну знаннями та формуванню різноманітних точок зору.
- Економія коштів і сталість: електронні ресурси призвели до економії коштів як для студентів, так і для навчальних закладів. Онлайн-підручники, відкриті освітні ресурси і цифрові матеріали часто доступніші за традиційні друковані матеріали, що зменшує фінансовий тягар на студентів. Крім того, перехід до цифрових ресурсів сприяє зусиллям щодо сталого розвитку шляхом зменшення використання паперу та мінімізації впливу вищої освіти на навколишнє середовище.

- Постійне оновлення та своєчасне дослідження: електронні ресурси дозволяють оновлювати інформацію в режимі реального часу, забезпечуючи студентам і дослідникам доступ до останніх результатів досліджень і розробок у своїх галузях. Цей динамічний характер цифрового вмісту зберігає навчальні матеріали актуальними та узгодженими з останніми досягненнями в різних дисциплінах.
- Статистика, керована даними: електронні ресурси надають навчальним закладам інформацію про навчальну поведінку, прогрес і успішність студентів на основі даних. Системи управління навчанням і онлайн-інструменти оцінювання дозволяють викладачам відстежувати прогрес учнів, виявляти прогалини в навчанні та налаштовувати втручання, сприяючи персоналізованому навчанню студентів.
- Можливості навчання протягом усього життя: електронні ресурси розширюють можливості навчання протягом усього життя, дозволяючи людям здобувати нові навички та знання у власному темпі протягом усього життя. Така доступність освітніх ресурсів сприяє безперервному професійному розвитку та заохочує людей залишатися в курсі своїх галузей, сприяючи культурі навчання протягом усього життя.

Оскільки технології продовжують розвиватися, використання електронних ресурсів залишатиметься вирішальним для навчальних закладів, щоб адаптуватися до мінливого освітнього середовища та підготувати студентів до викликів і можливостей цифрової ери.

1.2 Електронні навчальні ресурси Сумського Державного Університету (СумДУ)

Електронне навчання як сучасний елемент отримання освіти передбачає широке використання дистанційних освітніх технологій в навчальному процесі. В навчальному процесі Сумського Державного Університету використовується безліч різноматнітних платформ навчання. Такі як: Ulab, Lecture.ED, Open Course Ware, Online Studio, Distance Learning, Examenarium, Experiment, Coursera та платформа змішаного електронного навчання Міх.

Система управління навчання Міх (<https://mix.sumdu.edu.ua/>) розроблена в СумДУ. (Рис.1)

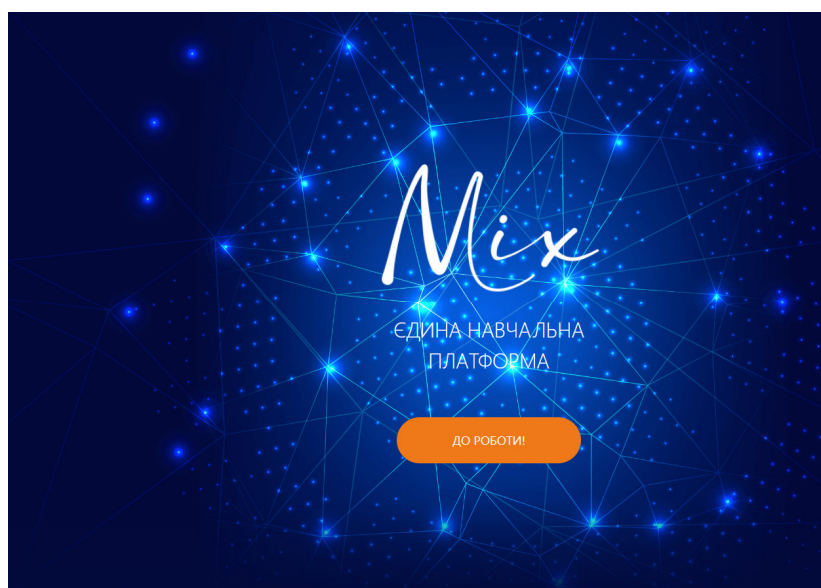


Рисунок 1. Платформа електронного навчання Міх

Вона була розроблена, як для викладачів так і для студентів, що дає змогу покращити комунікацію між викладачем та студентами. Ця платформа призначена для управління навчальною діяльністю в університеті. Вона передбачена для використання, розробки та й управління навчальних онлайн

ресурсів, які поділення між собою по різних дисциплінах. А також, є можливість спільного доступу як для студентів так і викладачам до матеріалів.

Платформа Міх розроблена з використанням інструментів Lecture.ED, міх є змішаною платформою навчання, що включає в себе безліч різноманітних електронних ресурсів і елементів таких як: файли, різноманітні тести, лекції, опитування, відеозаписи, тренінги та інше.

За налаштування і оформлення дисциплін на платформі відповідає викладач так як він адміністратор дисципліни. Він може змінювати, редагувати, видаляти та додавати елементи.

Звісно, з використанням цієї платформи полегшало як навчання так і викладання дисципліни. Так, з використанням Міх ми можемо в будь-який час і будь-якому місці ми маємо змогу отримати різні електронні ресурси. Так, звісно, ми маємо багато «+», але ж ця система містить в собі безліч дисциплін одні кращі другі не зовсім. Тому, постає питання оцінки якості електронних ресурсів.

Висновки та постановка задачі дослідження

Проведене дослідження предметної області не виявило інформаційних систем, які дозволяють врахувати думку експерта для оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Тому метою даного дослідження є розробка інформаційної технології оцінювання якості електронних навчальних ресурсів.

Необхідно вирішити наступне:

- ✓ Провести огляд методів проектування експертних систем для вибору метода дослідження.
- ✓ Розглянути можливості застосування нечіткої логіки для побудови експертної системи нечіткого логічного виведення.
- ✓ Розробити інформаційну технологію оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Програмна реалізація цієї технології повинна надавати можливість отримувати оцінку якості

електронних навчальних ресурсів в балах на основі нечітких вхідних критеріїв якості. Для цього необхідно:

- Описати критерії якості оцінювання електронних навчальних ресурсів експертом.

- Розробити правила нечіткого логічного виведення, які містять досвід та знання щодо оцінювання якості електронних навчальних ресурсів експертом.

- Провести комп'ютерні експерименти щодо перевірки правильності роботи експертної системи нечіткого логічного виведення.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

З розвитком і поширенням електронного навчання, яке з кожним роком займає все більшу частину освітнього процесу, виникають певні вимоги до навчального контенту. Якість формату подання і візуального представлення такої інформації є актуальними питаннями формування електронних навчальних ресурсів та вагомими аспектами їх ефективності у процесах передачі знань від авторів до користувачів [14].

Завдання оцінювання якості електронних навчальних ресурсів (ЕНР) доцільно вирішувати на підставі експертної оцінки. Комплексна експертиза може передбачати тривимірну оцінку електронних навчальних ресурсів, яка базується на технологічній, змістовій і дизайнергономічній експертизах. Способом підвищення об'єктивності оцінювання електронних навчальних ресурсів є розвиток системи критеріїв, вдосконалення кваліметрії, уніфікація технологій і процедур [7].

Для забезпечення процедур оцінювання якості електронних навчальних ресурсів важливо сформулювати перелік вимог до електронних навчальних ресурсів, підібрати експертів для якісного оцінювання електронних ресурсів та здійснити експертне оцінювання їх якості.

Раніше використовували такі методи оцінки як традиційна логіка та бінарна математика, але наданий час існують нові методи оцінки ЕНР, такі як нечітка логіка.

2.1 Експертні системи

Експертна система (ЕС) – це інтелектуальна система, призначена для вирішення слабо формалізованих задач, на основі накопиченого в базі знань досвіду роботи експертів в проблемній області. Вона містить базу знань з

набором правил і механізмом виводу, і дозволяє, на підставі наданих користувачем фактів, розпізнати ситуацію, поставити діагноз, сформулювати рішення або дати рекомендацію для вибору дії [8].

Експертні системи призначені для відтворення досвіду, знань професіоналів високого рівня і використання цих знань в процесі управління. Вони розробляються з використанням математичного апарату нечіткої логіки для експлуатації у вузьких областях застосування, оскільки їх використання вимагає великих комп'ютерних ресурсів для обробки і зберігання знань. В основі побудови експертних систем лежить база знань, яка ґрунтується на моделях представлення знань. У зв'язі з великими фінансовими і часовими витратами у вітчизняних економічних ІС експертні системи не мають великого поширення [9].

Вважається, що будь-яка експертна система – це система, заснована на знаннях, але остання не завжди є експертною. У системах, заснованих на знаннях, правила, за якими вирішуються проблеми в конкретній предметній області, зберігаються в базі знань. Проблеми ставляться перед системою у вигляді сукупності фактів, що описують деяку ситуацію, і система за допомогою бази знань намагається вивести висновок з цих фактів [11].

Система функціонує в наступному циклічному режимі: вибір (запит) даних або результатів аналізів, спостереження, інтерпретація результатів, засвоєння нової інформації, висунення за допомогою правил тимчасових гіпотез і потім вибір наступної порції даних або результатів аналізів. Такий процес продовжується до тих пір, поки не надійде інформація, достатня для остаточного висновку [14].

Простіші системи, засновані на знаннях, функціонують в режимі діалогу, або режимі консультації. Після запуску система задає користувачеві ряд питань

про розв'язуваної задачі, які потребують відповіді "так" чи "ні". Відповіді служать для встановлення фактів, за якими може бути виведено остаточний висновок [12].

У будь-який момент часу в системі міститься три типи знань:

– структуровані статичні знання про предметну область, після того як ці знання виявлені, вони вже не змінюються;

– структуровані динамічні знання – змінні знання про предметну область; вони оновлюються у міру виявлення нової інформації;

– робочі знання, що застосовуються для вирішення конкретного завдання або проведення консультації.

Всі знання зберігаються в базі знань. Для її побудови потрібно провести опитування фахівців, які є експертами в конкретній предметній області, а потім систематизувати, організувати і забезпечити ці знання показниками, щоб згодом їх можна було легко витягти з бази знань.

База знань (БЗ) відображає знання експертів.

Формалізацією знань експерта і поданням їх в БЗ займаються інженери знань. Створює ЕС програміст.

ЕС повинна володіти механізмом придбання знань для введення знань у базу і їх подальше оновлення. У простому випадку – це інтелектуальний редактор, який дозволяє вводити одиниці знань в базу, а також проводити їх аналіз на несуперечливість.

Галузі застосування ЕС– це прогнозування, планування, контроль і управління, навчання. ЕС є інструментом, що підсилює інтелектуальні здібності всієї системи в цілому, і виконує такі завдання:

- 1) консультація для недосвідчених (непрофесійних) користувачів;
- 2) допомога при аналізі різних варіантів прийняття рішення;
- 3) допомога з питань, що належать до суміжних областей діяльності.

Найбільш широко і продуктивно ЕС застосовуються в бізнесі, виробництві, медицині та навчанні.

Для проведення оцінки якості електронних навчальних ресурсів ми будемо використовувати модель нечіткої логіки. Ієрархія показників якості електронних навчальних ресурсів наведено на Рис.2 [11].

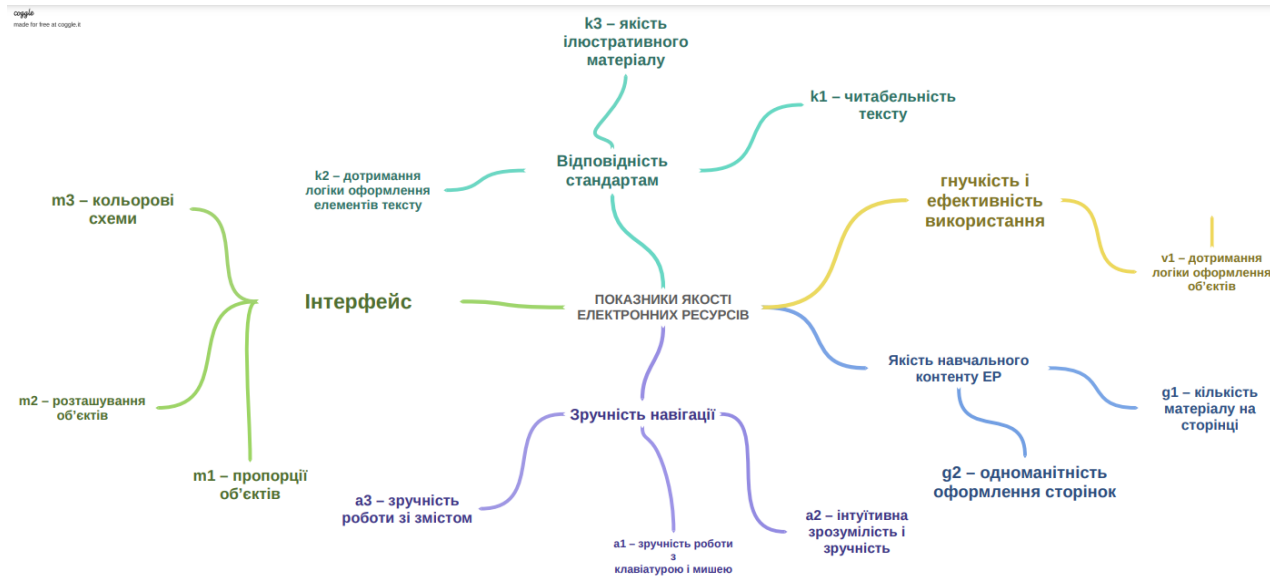


Рисунок. 2. Ієрархія показників якості ЕНР

Результати оцінки якості ЕНР, також формують окремі структури, які описують локальні характеристики й інтегровані показники якості електронних навчальних ресурсів і приведено на Рис.3.

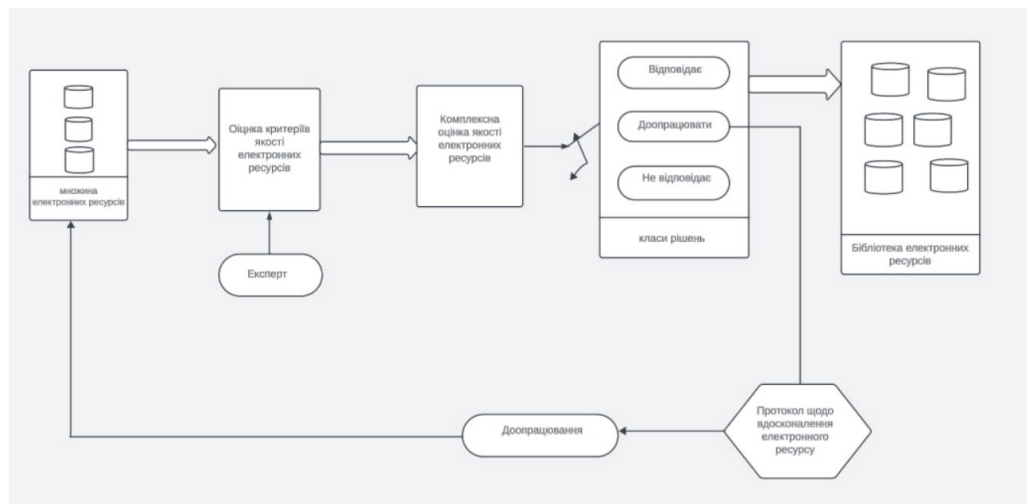


Рисунок. 3. Загальна схема оцінки якості ЕНР

2.2 Середовище розробки Fuzzy Logic Toolbox

В останні роки кількість і різноманітність застосувань нечіткої логіки значно зросла. Застосування нечіткої логіки використовується практично всі сферах життя від споживчих товарів, таких як фотоапарати, відеокамери, пральні машини та мікрохвильові печі, до управління промисловими процесами, медичної апаратури, систем підтримки прийняття рішень і вибору портфолію.

Нечітка логіка має два різних значення. У вузькому розумінні нечітка логіка - це логічна система, яка є розширенням багатозначної логіки. Однак у ширшому розумінні нечітка логіка (НЛ) є майже синонімом теорії нечітких множин, теорії, яка стосується класів об'єктів без чітких, чітко визначених меж. У таких випадках приналежність до множини є питанням ступеня. З цієї точки зору нечітка логіка у вузькому розумінні є відгалуженням НЛ. Навіть у більш вузькому визначенні нечітка логіка відрізняється як концепцією, так і змістом від традиційних багатозначних логічних систем [16].

У програмному забезпеченні Fuzzy Logic Toolbox нечітку логіку слід інтерпретувати як НЛ, тобто нечітку логіку в її широкому розумінні. Основні ідеї, що лежать в основі НЛ, пояснюються в Основах нечіткої логіки. Що можна додати, так це те, що основна концепція, яка лежить в основі НЛ, — це концепція лінгвістичної змінної, тобто змінної, значення якої є словами, а не числами. По суті, більшу частину НЛ можна розглядати як методологію для обчислень зі словами, а не числами. Хоча слова за своєю суттю менш точні, ніж числа, їх використання ближче до людської інтуїції. Крім того, обчислення за допомогою слів використовує толерантність до неточності і, таким чином, знижує вартість рішення [1].

Ще одна базова концепція нечіткої логіки, яка відіграє центральну роль у більшості його застосувань, це нечітке правило якщо-тоді або, просто, нечітке правило. Хоча системи на основі правил мають довгу історію використання в штучному інтелекті (ШІ), у таких системах не вистачає механізму роботи з нечіткими наслідками та нечіткими антецедентами. У нечіткій логіці цей механізм забезпечується обчисленням нечітких правил. Обчислення нечітких правил служить основою для того, що можна назвати мовою нечітких залежностей і команд. Хоча нечіткі залежності і команди явно не використовуються в наборі інструментів, він фактично є однією з його основних складових. У більшості застосувань нечіткої логіки рішення нечіткої логіки насправді є перекладом людського рішення в нечітких залежностей і команд [25].

Тенденція, яка стає помітнішою, пов'язана з використанням нечіткої логіки в поєднанні з нейрокомп'ютерами та генетичними алгоритмами. Загалом, нечітка логіка, нейрообчислення та генетичні алгоритми можна розглядати як основні складові того, що можна назвати м'яким обчисленням. На відміну від традиційних жорстких обчислень, м'які обчислення враховують неточність реального світу. Керівний принцип програмного обчислення такий: використовуйте толерантність до неточності, невизначеності та часткової істини для досягнення зручності, надійності та низької вартості рішення. У майбутньому програмне обчислення може відігравати все більш важливу роль у концепції та проектуванні систем, у яких машинний IQ набагато вищий, ніж у систем, розроблених звичайними методами. Серед різноманітних комбінацій методологій у м'яких обчисленнях найпомітнішою на цьому етапі є методологія нечіткої логіки та нейрообчислень, що призводить до нейронечітких систем. У межах нечіткої логіки такі системи відіграють особливо важливу роль у індукції правил із спостережень. Нечітка логіка наближає людські міркування та добре справляється з балансуванням між точністю та значущістю. Наприклад, коли

попереджаєте когось про те, що на нього падає об'єкт, не обов'язково вказувати точну масу та швидкість об'єкту [16].

Fuzzy Logic Toolbox це пакет розширення MATLAB, що містить інструменти для проектування системи нечеткой логіки. Пакет дозволяє створювати експертні системи на основі нечеткой логіки, проводити кластеризацію нечеткими алгоритмами, а також проектувати нечеткие нейросети. Пакет містить графічний інтерфейс для інтерактивного поетапного проектування нечетких систем, функції командних рядків для розробки програм, а також спеціальні блоки для побудови системи нечеткою логіки в Simulink. Усі функції пакета написані на відкритій мові MATLAB, що дозволяє контролювати виконання алгоритмів, змінювати вихідний код, а також створювати власні функції та процедури [3].

Набір інструментів Fuzzy Logic — це набір функцій, створених на основі MATLAB числове обчислювальне середовище. Він надає інструменти для створення та редагування системи нечіткого висновку в рамках MATLAB, або, якщо хочете, ви можете інтегрувати свої нечіткі системи в моделювання за допомогою Simulink. Ви може навіть створювати автономні програми на C, які звертаються до створених вами нечітких систем з MATLAB. Ця панель інструментів значною мірою покладається на графічний інтерфейс користувача інструменти, які допоможуть вам виконати вашу роботу, хоча ви можете працювати повністю з командний рядок, якщо хочете [3].

Панель інструментів містить три категорії інструментів:

- Функції командного рядка
- Графічні інтерактивні засоби
- Блоки Simulink і приклади

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

3.1 Вхідні дані задачі

Для оцінки якості електронних навчальних ресурсів (ЕНР) були обрані такі критерії:

1. Інтерфейс. Де оцінюється пропорції об'єктів, розташування об'єктів в тексті та візуальний вигляд схем.
2. Наступний критерій – відповідність до стандартів оцінювання ЕНР, що включає в себе оцінку якості ілюстративного матеріалу в тексті, дотримання логіки оформлення елементів тексту та читабельність тексту.
3. Наступним показником якості ЕНР є якість навчального матеріалу, в цьому критерії розглядається кількість матеріалу який розміщений на сторінці та одноманітність оформлення сторінок.
4. Гнучкість і ефективність використання цей критерій перевіряє на дотримання логіки оформлення об'єктів.
5. І останній критерій який було розглянутий – критерій навігації. Він перевіряє на зручність роботи із змістом, зручність використання клавіатури та миші, також він включає в себе такий підпункт як інтуїтивна зрозумілість та зручність.

Була розроблена система оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Ця модель оцінки дозволяє подати процес оцінювання та реалізувати процес перевірки критеріїв із зазначенням ступеню впевненості експерта. Система оцінки ЕНР була реалізована у середовищі Fuzzy Logic Toolbox пакету прикладних програм Matlab. Була проведена оцінка якості одного із електронних навчальних ресурсів.

3.2 Програмна реалізація

Критерії є методологічною базою для визначення вимог оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Для того, щоб оцінювати потрібно мати критерії оцінювання. Їх буває дуже багато, тому процедура оцінювання дуже складна і особі яка приймає рішення дуже важко. Також проблемою є те, що дуже велика кількість електронних навчальних ресурсів (ЕНР) які потрібно оцінити. Існує і проблема розробки експертної системи яка містить основні, найбільш важливі критерії оцінювання електронних навчальних ресурсів.

Спочатку ми створюємо систему для оцінки якості відповідності стандартам, що оцінюється.

Першим кроком створимо 3 вхідні та 1 вихідну змінну в системі. Задамо наші змінні:

k1 – якість ілюстративного матеріалу;

k2 – дотримання логіки оформлення тексту;

k3 – читабельність тексту;

К – відповідність стандартам оцінювання електронних навчальних ресурсів.

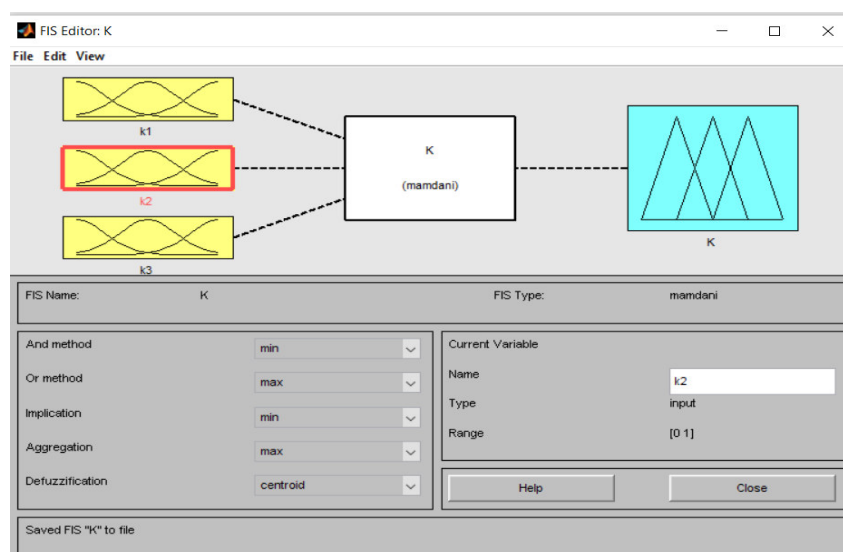


Рисунок 4. – Вхідні та вихідні змінні

Наступним кроком надаємо значення вхідним і вихідним значенням.

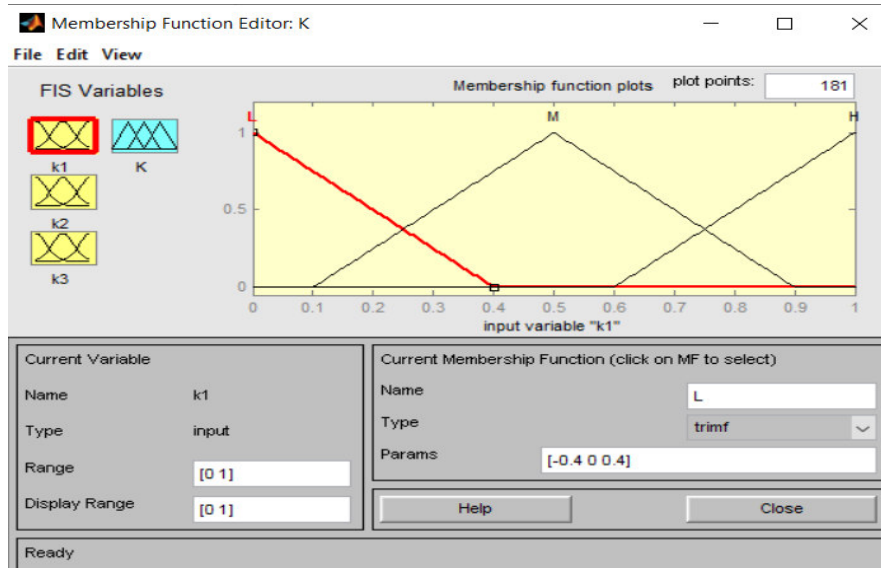


Рисунок 5. - Значень вхідних змінних

Де L – не відповідає якості, M – частково відповідає, H – відповідає.

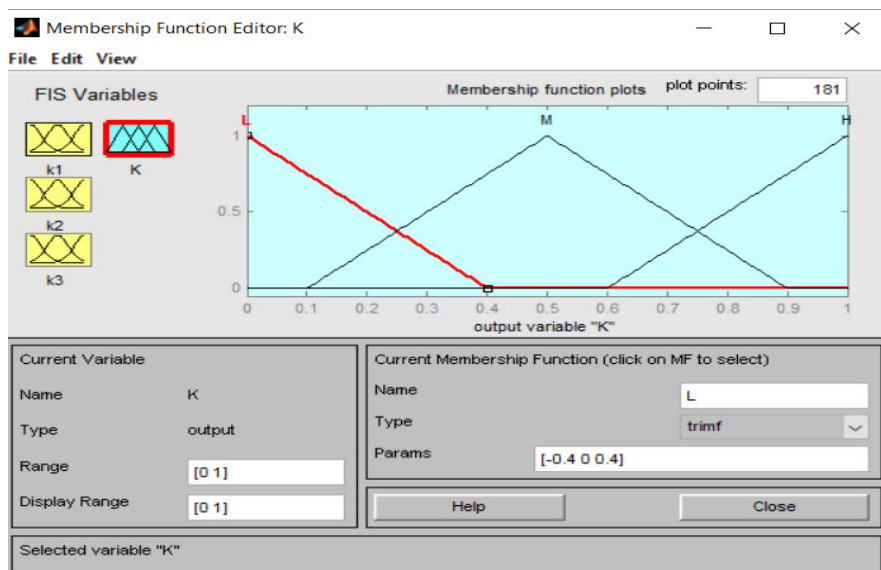


Рисунок 6. - Значень вихідних змінних

Створимо вирішальні правила для нашої системи оцінки якості ЕНР.

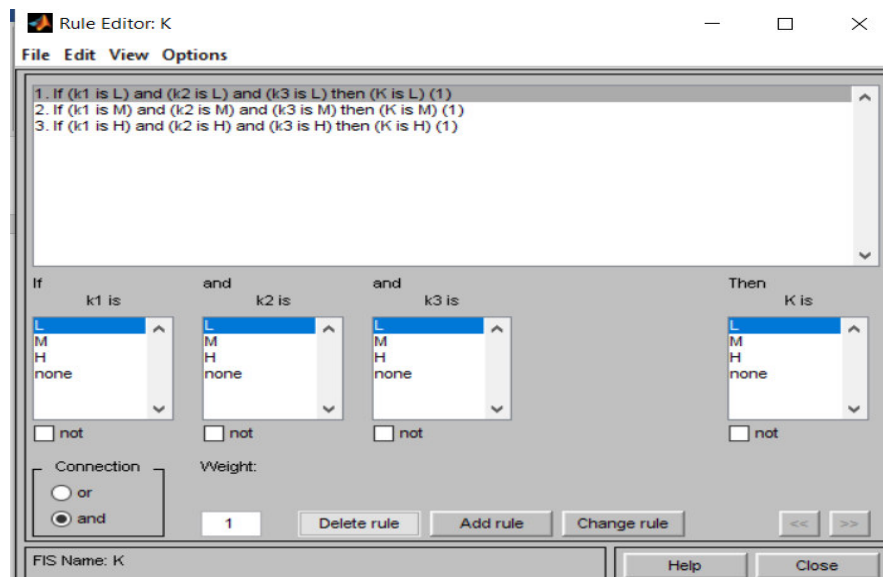


Рисунок 7. - Система продукційних правил ЕНР

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $k_1 = 0.837$, $k_2 = 0.823$, $k_3 = 0.835$. Як результат ми маємо що $K = 0.699$ відповідає вимогам якості.

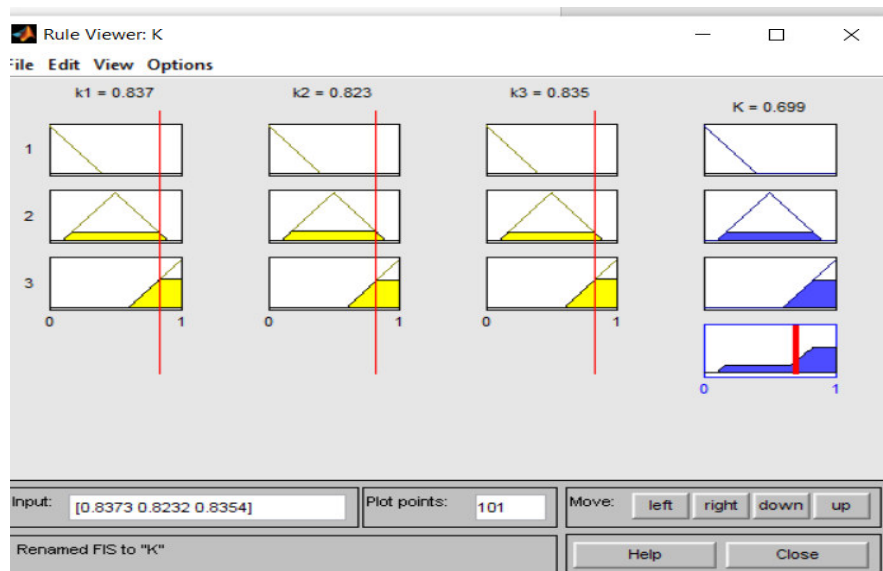


Рисунок 8. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $k_1 = 0.114$, $k_2 = 0.14$, $k_3 = 0.14$. Як результат ми маємо що $K = 0.189$ не відповідає вимогам якості.

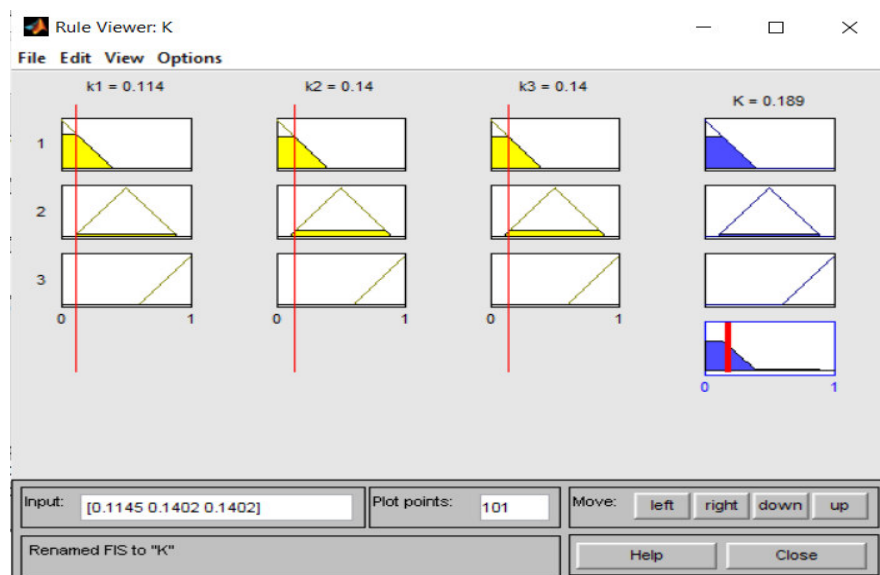


Рисунок 9. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $k_1 = 0.488$, $k_2 = 0.506$, $k_3 = 0.518$. Як результат ми маємо що $K = 0.5$ частково відповідає вимогам якості, але його потрібно доопрацювати.

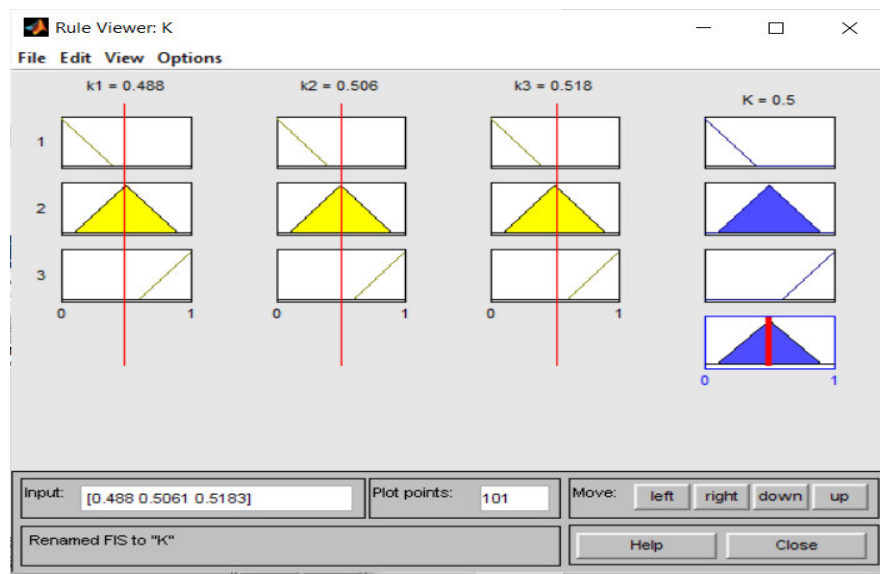


Рисунок 10. – Перевірка роботи системи

Спочатку ми створюємо систему для оцінки якості інтерфейсу, що оцінюється.

Першим кроком створимо 3 вхідні та 1 вихідну змінну в системі. Задамо наші змінні:

m1 – пропорції об'єктів;

m2 – розташування об'єктів;

m3 – кольоровість схем;

M – Інтерфейс оцінювання електронних навчальних ресурсів.

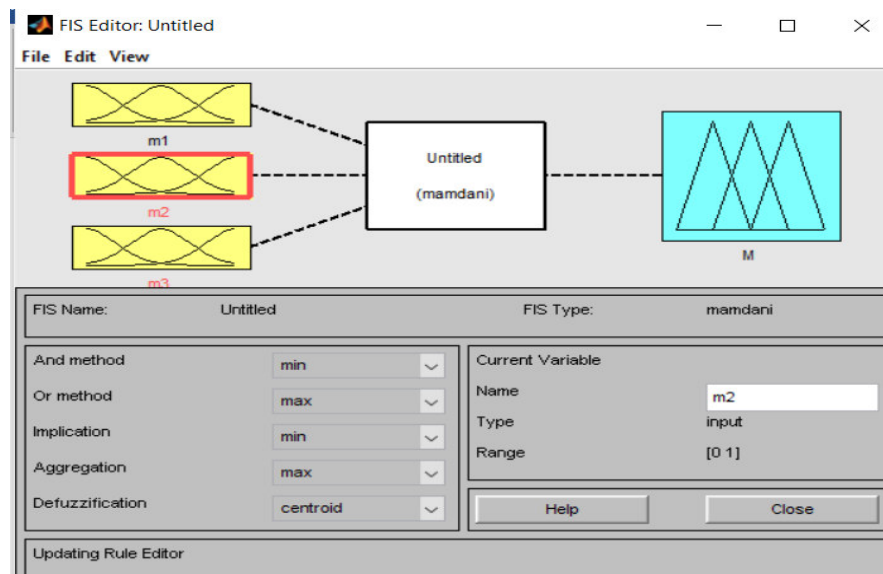


Рисунок 11. – Вхідні та вихідні змінні

Потім аналогічно надаємо нашим змінним вхідні і вихідні значення. Створимо вирішальні правила для нашої системи оцінки якості ЕНР.

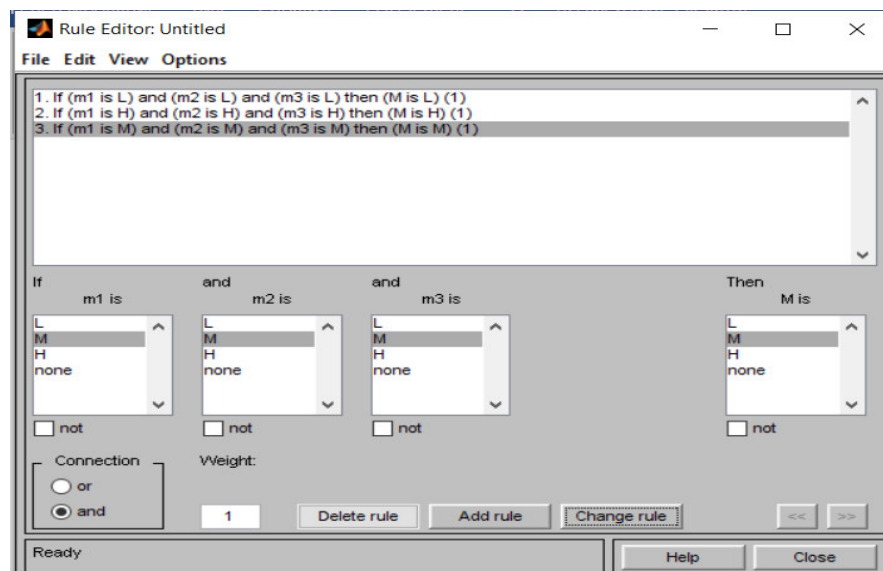


Рисунок 12. - Система продукційних правил ЕНР

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $m_1 = 0.488$, $m_2 = 0.5$, $m_3 = 0.5$. Як результат ми маємо що $M = 0.5$ частково відповідає вимогам якості, а отже потрібно доопрацьовувати.

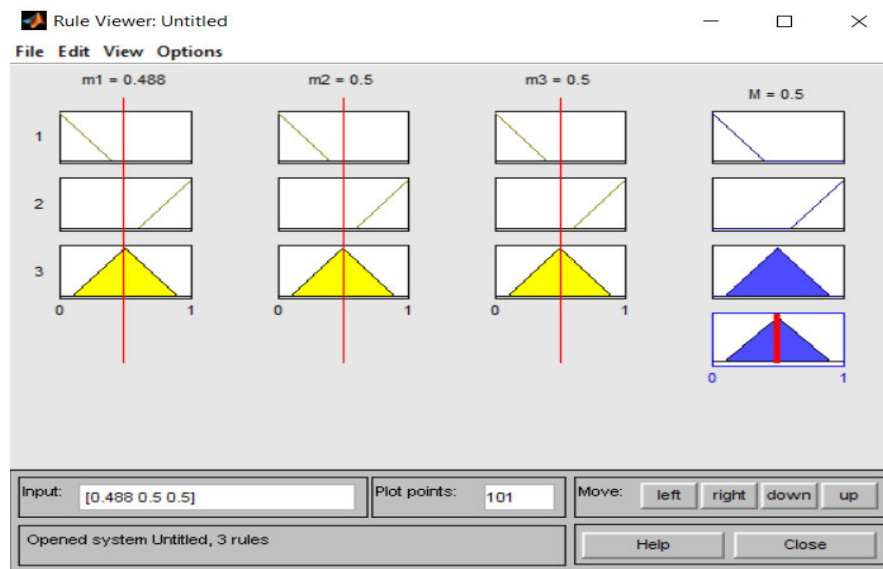


Рисунок 13. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $m_1 = 0.139$, $m_2 = 0.152$, $m_3 = 0.152$. Як результат ми маємо що $M = 0.25$ не відповідає вимогам якості.

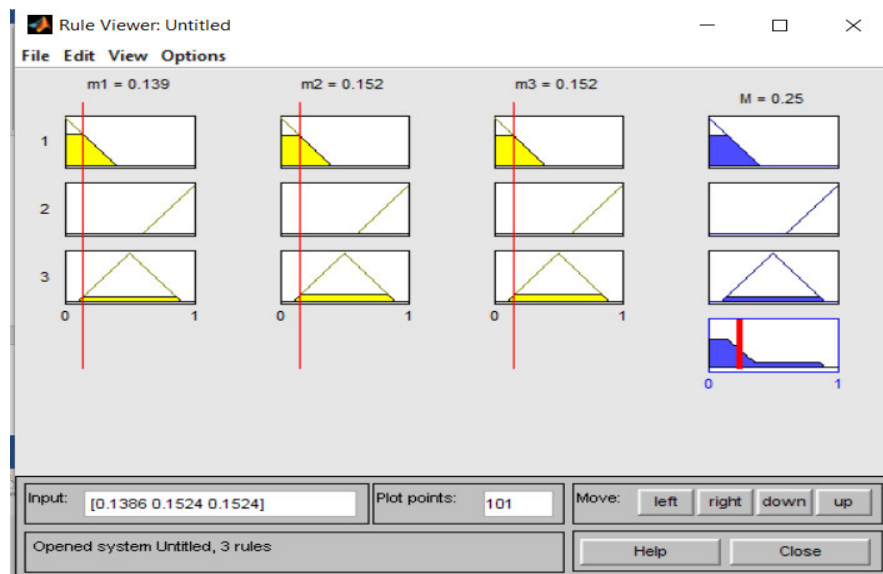


Рисунок 14. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $m_1 - 0.849$, $m_2 - 0.848$, $m_3 - 0.872$. Як результат ми маємо що $M - 0.773$ відповідає вимогам якості.

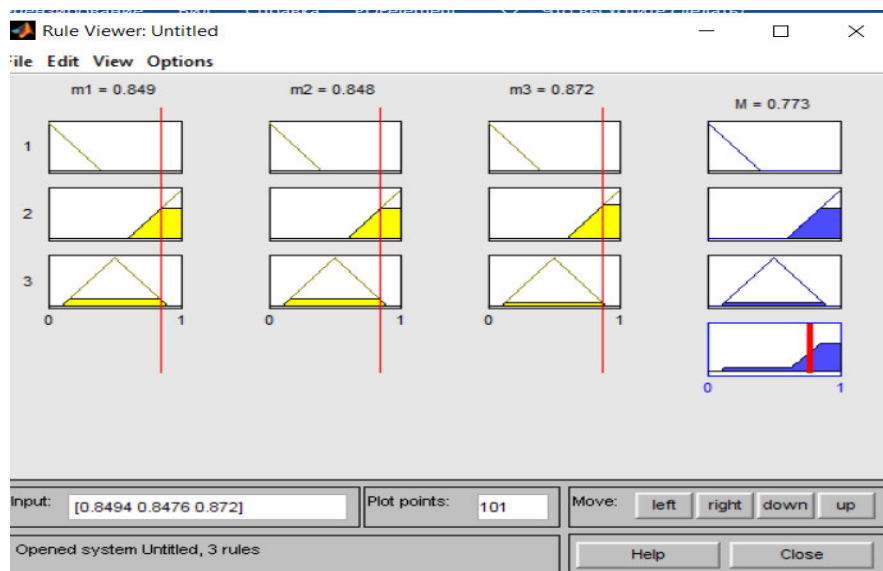


Рисунок 15. – Перевірка роботи системи

Спочатку ми створюємо систему для оцінки якості зручність навігації, що оцінюється.

Першим кроком створимо 3 вхідні та 1 вихідну змінну в системі. Задаємо наші змінні:

a1 – зручність роботи з клавіатурою та мишею;

a2 – інтуїтивна зрозумілість і зручність;

a3 – зручність роботи зі змістом;

A – зручність навігації.

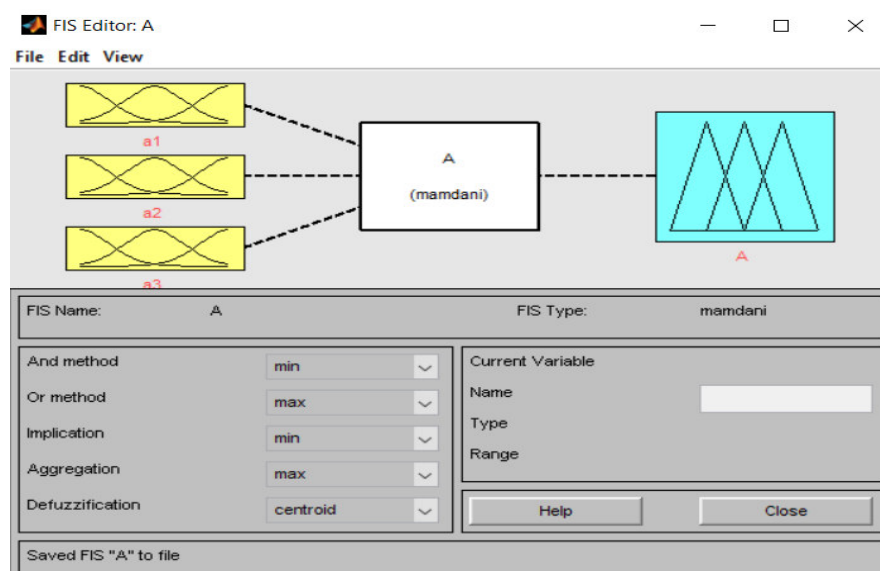


Рисунок 16. – Вхідні та вихідні змінні

Потім аналогічно надаємо нашим змінним вхідні і вихідні значення.

Створимо вирішальні правила для нашої системи оцінки якості ЕНР.

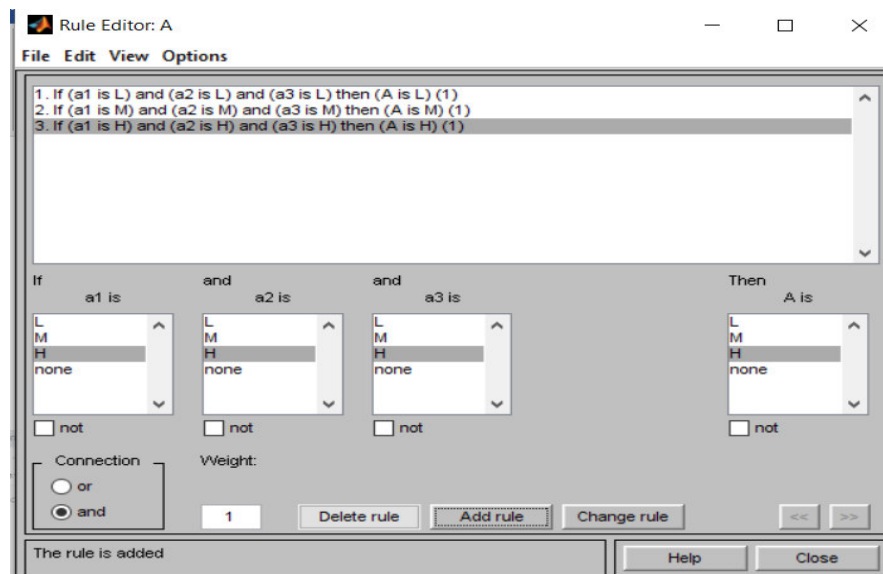


Рисунок 17. - Система продукційних правил ЕНР

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $a_1 = 0.5$, $a_2 = 0.5$, $a_3 = 0.5$. Як результат ми маємо що $A = 0.5$ частково відповідає вимогам якості і потрібно доопрацювати цей ресурс.

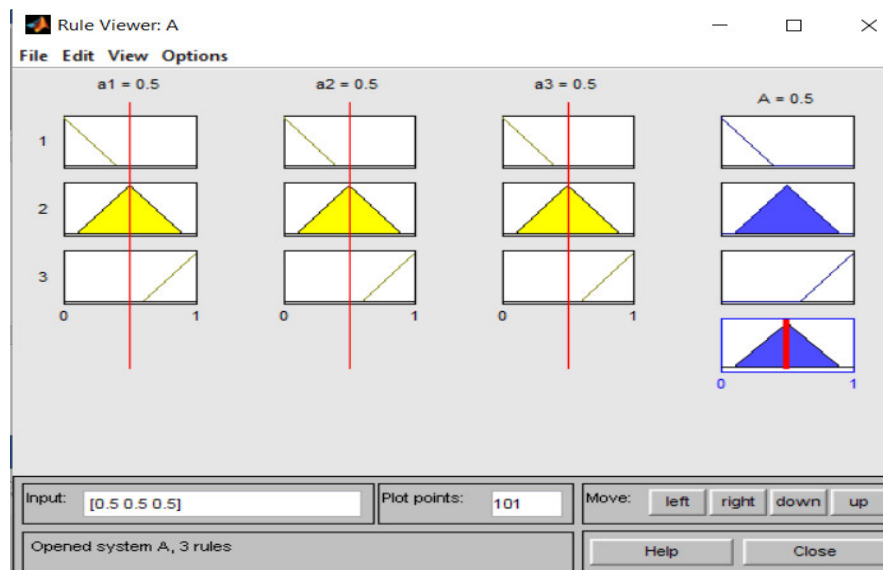


Рисунок 18. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $a_1 = 0.163$, $a_2 = 0.189$, $a_3 = 0.165$. Як результат ми маємо що $A = 0.306$ не відповідає вимогам якості.

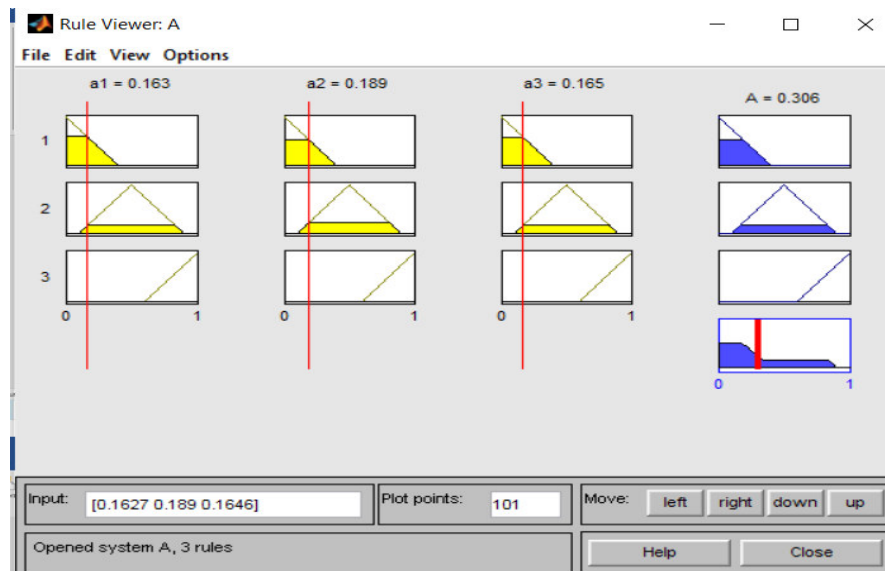


Рисунок 19. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $a_1 = 0.861$, $a_2 = 0.835$, $a_3 = 0.86$. Як результат ми маємо що $A = 0.746$ відповідає вимогам якості.

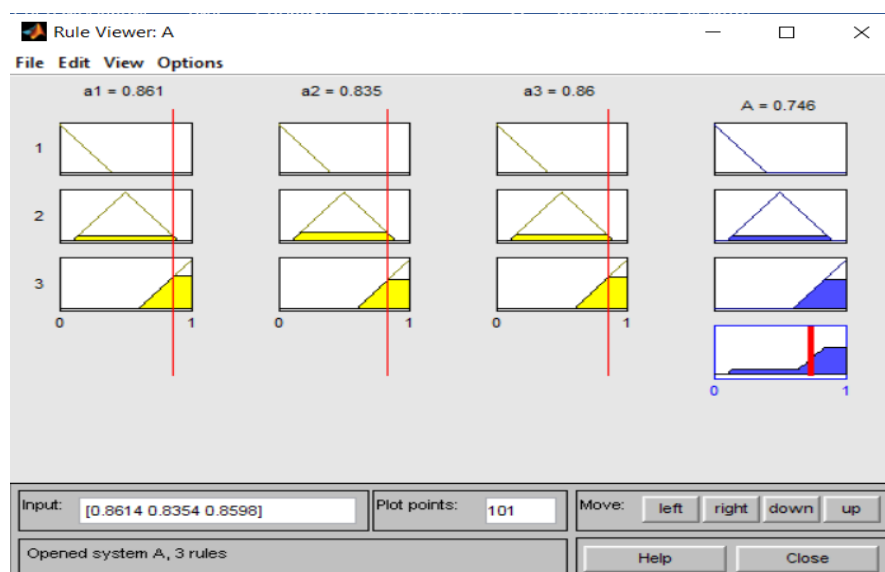


Рисунок 20. – Перевірка роботи системи

Спочатку ми створюємо систему для оцінки якості зручність навігації, що оцінюється.

Першим кроком створимо 2 вхідні та 1 вихідну змінну в системі. Задаємо наші змінні:

$g1$ – кількість матеріалу на сторінці;

$g2$ – одноманітність оформлення сторінок;

G – якість навчального контенту.

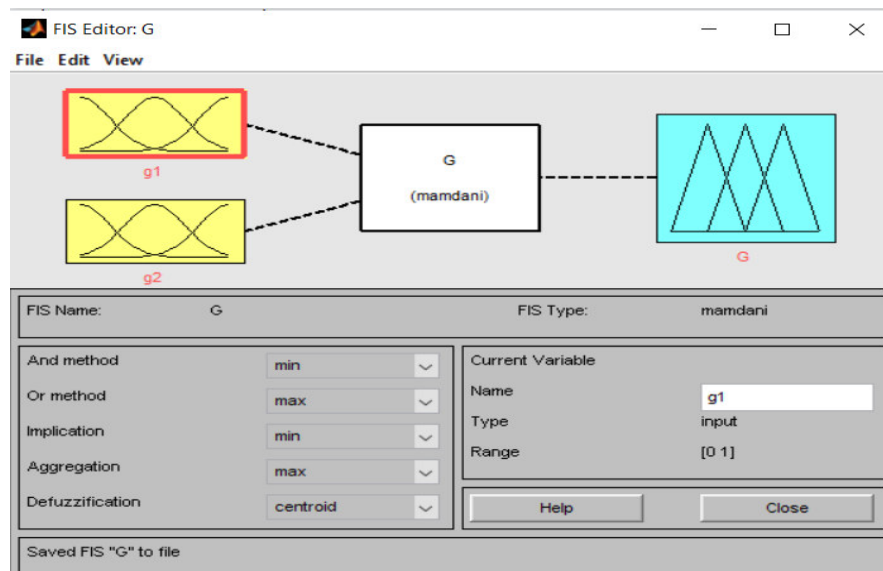


Рисунок 21. – Вхідні та вихідні змінні

Потім аналогічно надаємо нашим змінним вхідні і вихідні значення. Створимо вирішальні правила для нашої системи оцінки якості ЕНР.

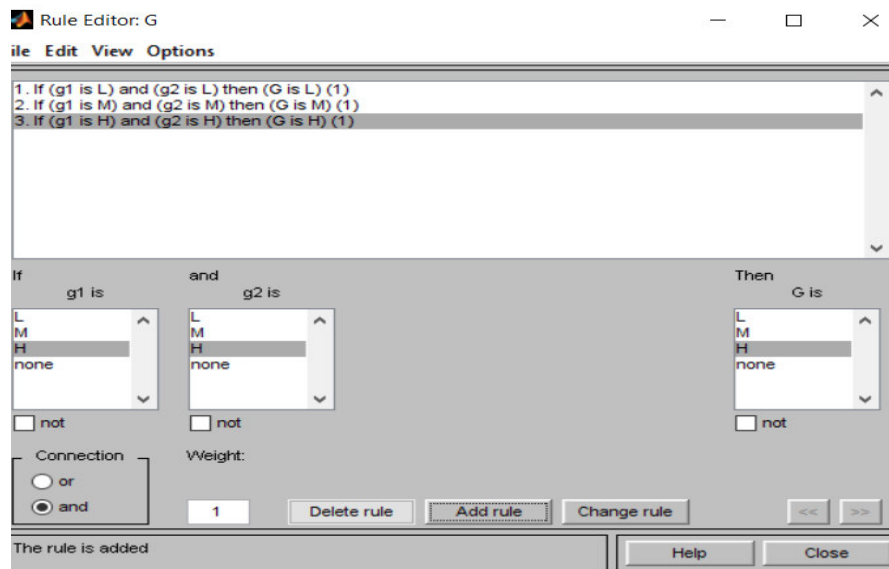


Рисунок 22. - Система продукційних правил ЕНР

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $g1 = 0.5$, $g2 = 0.5$. Як результат ми маємо що $G = 0.5$ частково відповідає вимогам якості і потрібно доопрацювати цей ресурс.

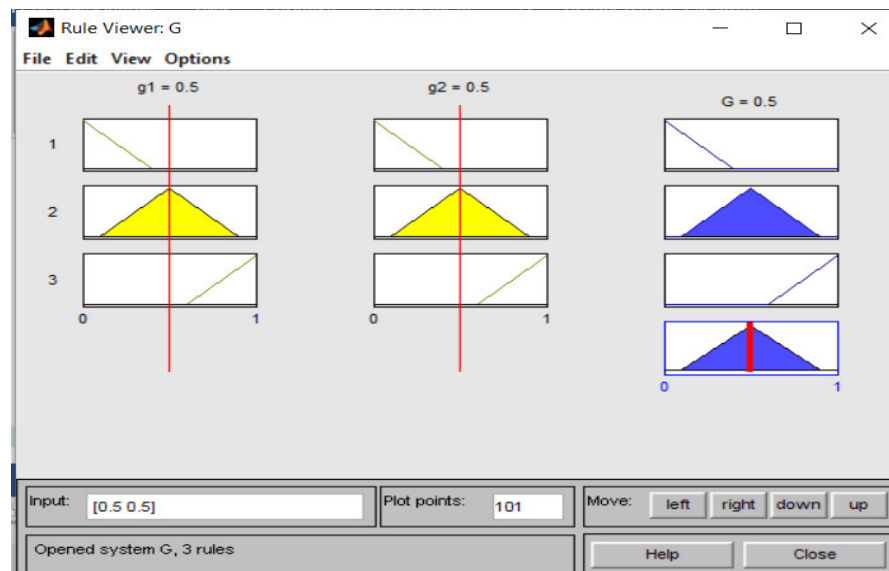


Рисунок 23. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $g_1 = 0.142$, $g_2 = 0.142$. Як результат ми маємо що $G = 0.254$ не відповідає вимогам якості.

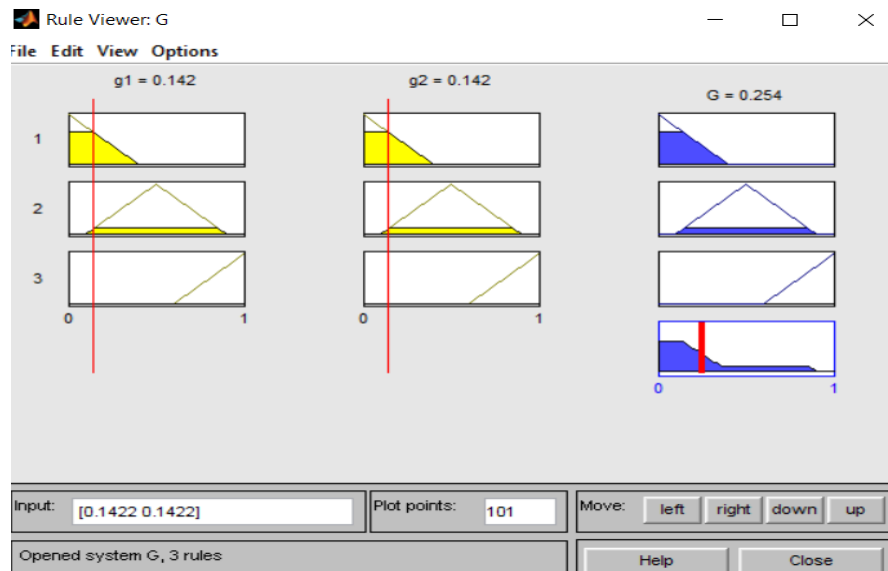


Рисунок 24. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $g_1 = 0.867$, $g_2 = 0.867$. Як результат ми маємо що $G = 0.767$ відповідає вимогам якості.

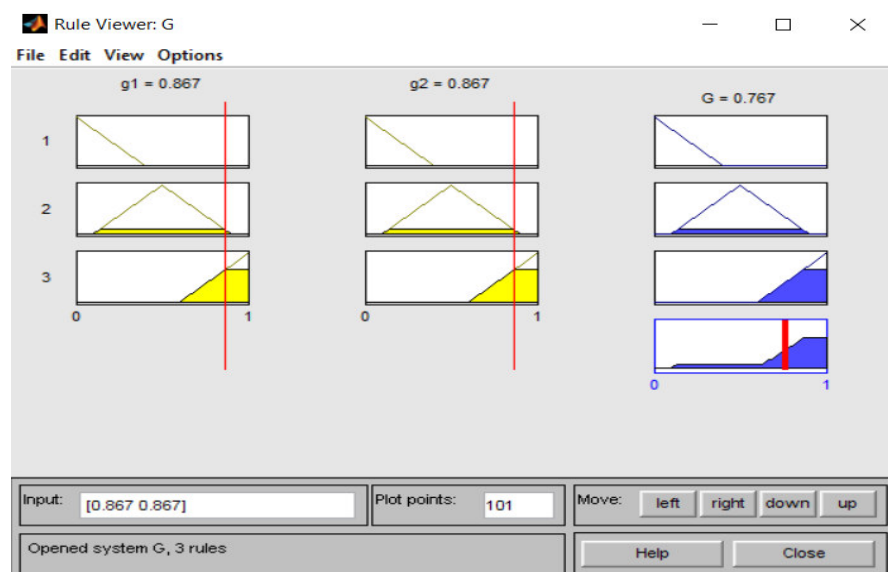


Рисунок 25. – Перевірка роботи системи

Виконавши попередні кроки ми будемо створювати комплексну систему оцінки якості електронних навчальних ресурсів (інтегральний показник). Для цього ми створимо 5 вхідні та 1 вихідну змінну в системі. Задаємо наші змінні:

К – відповідність стандартам оцінювання електронних навчальних ресурсів;

М – Інтерфейс оцінювання електронних навчальних ресурсів;

А – зручність навігації;

Г – якість навчального контенту;

В – гнучкість і ефективність;

Q – інтегральний показник якості електронного навчального ресурсу.

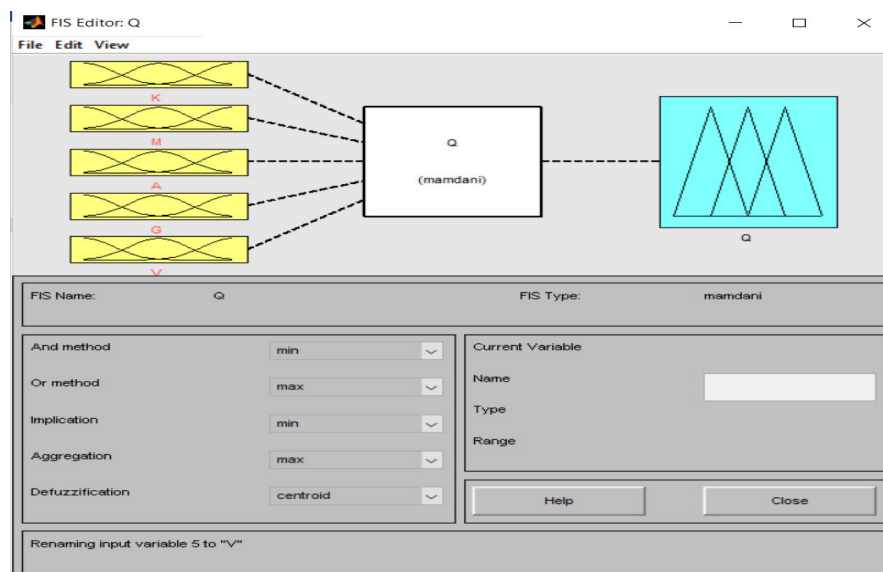


Рисунок 26. – Вхідні та вихідні змінні

Потім аналогічно надаємо нашим змінним вхідні і вихідні значення.

Створимо вирішальні правила для нашої системи оцінки якості ЕНР.

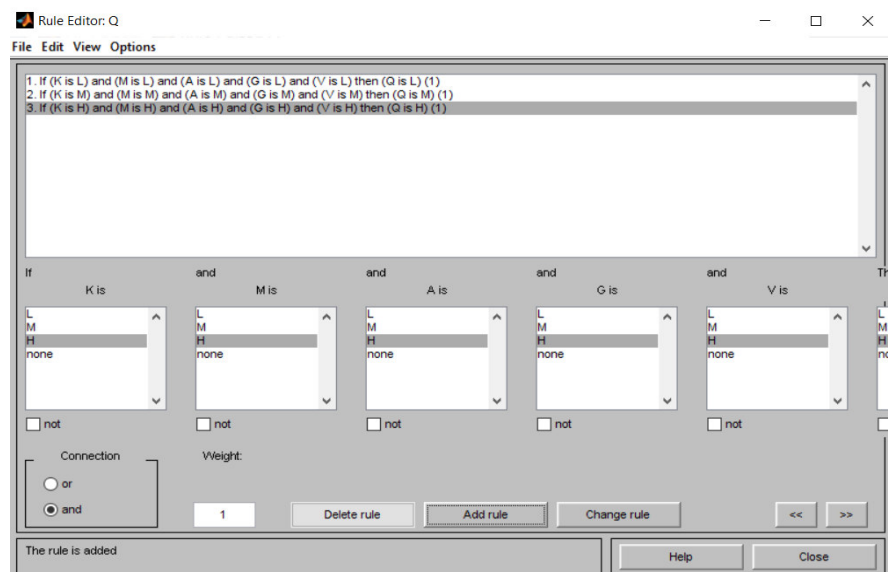


Рисунок 27. - Система продукційних правил ЕНР

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $K = 0.5$, $M = 0.5$, $A = 0.5$, $G = 0.5$, $V = 0.5$. Як результат ми маємо що $Q = 0.5$, отже цей ресурс не зовсім відповідає вимогам якості і потребує доопрацювання.

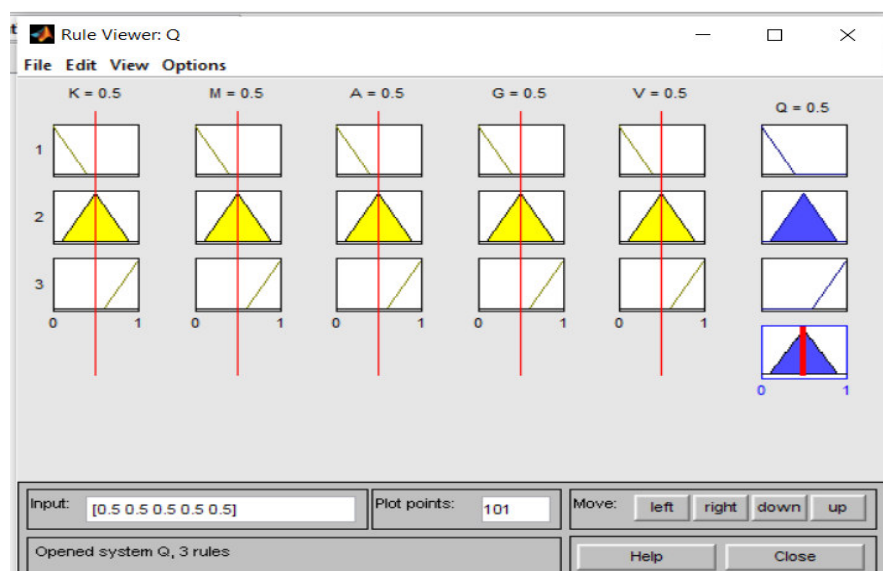


Рисунок 28. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $K = 0.173$, $M = 0.173$, $A = 0.227$, $G = 0.173$, $V = 0.209$. Як результат ми маємо що $Q = 0.339$, отже цей ресурс не відповідає нашим вимогам.

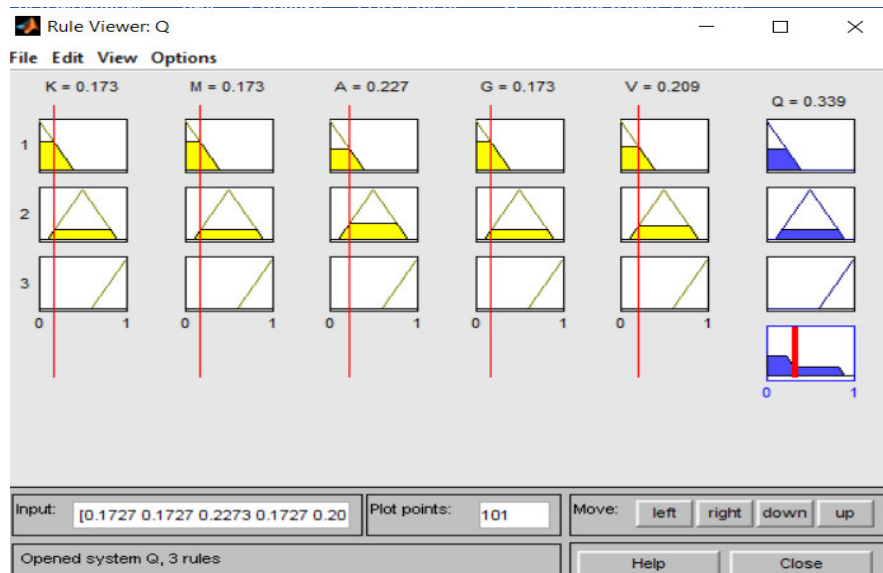


Рисунок 29. – Перевірка роботи системи

Після виконаних пунктів перевіримо нашу систему в дії встановивши такі значення змінних $K = 0.809$, $M = 0.809$, $A = 0.845$, $G = 0.864$, $V = 0.864$. Як результат ми маємо що $Q = 0.741$, а отже можна зробити висновок, що дійсно цей ресурс є якісний і ми можемо його використовувати у навчанні.

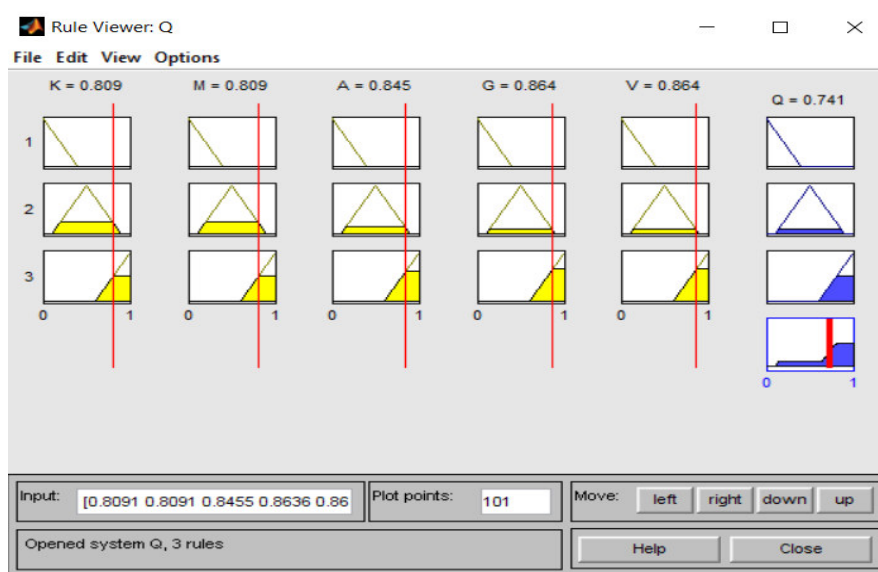


Рисунок 30. – Перевірка роботи системи

3.3 Оцінка електронного навчального ресурсу

Для оцінки було обрано дисципліну «сучасні інформаційні-комунікаційні технології в освіті» викладача Сумського Державного Університету.

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології в освіті (д)

© 2006–2023 СумДУ

Зміст

Організаційна частина

- Інформація про викладачів
- 📄 8.122 Семестровий навчальний план ОНП
- 📄 8.122 Семестровий навчальний план ОПП
- Оцінювання

Навчальні матеріали

- 📄 Вимоги до навчальних матеріалів
- Публікації
- Записи лекцій**
- Записи лабораторних**

Приклади навчальних об'єктів

- Приклад лекції**
 - 6.1 Граничні теореми у схемі Бернуллі
 - 6.1.1 Теорема Пуассона
 - 6.1.2 Локальна теорема Лапласа
 - 6.1.3 Інтегральна теорема Лапласа
 - 6.2 Теорема Бернуллі
- Приклад питань різних типів
- Приклад тестів
- Приклад завдання для дискусій і обговорень
- Приклад практичного завдання
- 📄 Приклади тренажерів
- Приклад тренажера
- Temp 1

Рисунок 31. – Зміст дисципліни

Першим кроком ми оцінюємо інтерфейс даної дисципліни. Викладач дотримався даного критерію, адже всі пропорції об'єктів, розташування об'єктів та вигляд схем дотримані тому ми ставимо високу оцінку якості.

Другим етапом ми перевіряємо на дотриманні стандартів оформлення рисунків в тексті, читабельність та оформлення тексту. Ця дисципліна з легкістю читається, тому дуже легко запам'ятовується. Що до оформлення тут також зауважень немає всі рисунки і текст оформленні за стандартом якості, тому тут також можна з легкістю поставити високу оцінку.

Наступним етапом ми будемо перевіряти цю дисципліну на якість матеріалу. Коли дивишся на всі матеріали даної дисциплін одразу видно правельність оформлення даних ресурсів. А їх кількість і розміщення на сторінці надає естетичного вигляду. Великим плюсом цієї дисциплін є те, що вони оформлені в одному стилі. По даному критерію однозначно висока оцінка.

Наступний етапом ЕНР ми будемо оцінювати його гнучкість та ефективність. Дана дисципліна має багато різних схем різних діаграма, і дуже важко його оформити за стандартами якості ЕНР, але даний викладач впорався з цим завданням на 100%. Адже всі об'єкти, графіки, схеми та текст оформленні за однією логіки, тому тут також ми ставимо високу оцінку.

І останній критерій оцінки якості електронних ресурсів є критерій навігацій. Тут ми також ставимо високу оцінку, оскільки тут можна використовувати як клавіатуру так і мишу. Також дуже зручно працювати зі змістом даної дисципліни.

Отже, можна зробити висновок, що так дійсно це дуже гарний електронний ресурс, і ми можемо його використовувати у навчанні, адже тут дотримані всі стандарти якості електронних цифрових ресурсів.

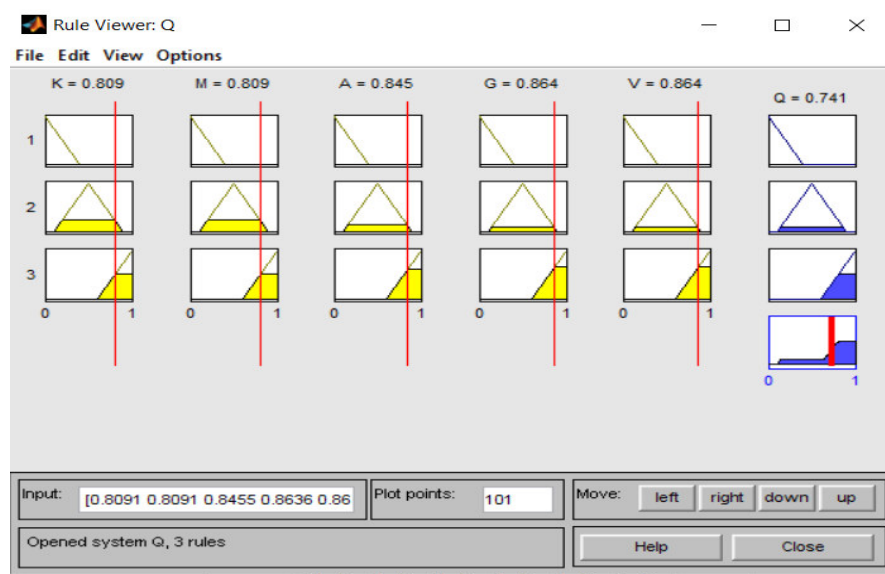


Рисунок 32. – Система для оцінки якості ЕНР

Отже, маємо таку оцінку якості ЕНР системою:

К(Інтерфейс) - 0,936; М(дотримання вимог стандартів) – 0,9; А(якість матеріалу) – 0,809; G(гнучкість та ефективність) – 0.882; V(навігація) – 0,918.

На виході ми має Q – 0.849. А отже, що експерт, що система дає високу оцінку цій дисципліні, з твердістю можна сказати що цей ЕНР дійсно якісний і відповідає всім вимогам.

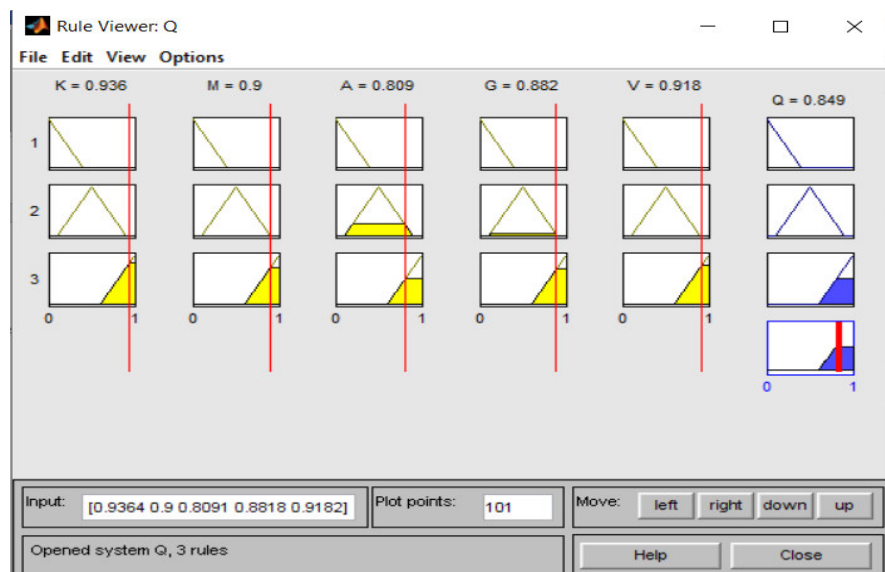


Рисунок 33. – Оцінка дисципліни системою

ВИСНОВОК

Проведене дослідження предметної області не виявило інформаційних систем, які дозволяють врахувати думку експерта для оцінки якості електронного навчального ресурсу.

Проведено огляд методів проектування експертних систем для вибору метода дослідження.

Розглянуто можливості застосування нечіткої логіки для побудови експертної системи нечіткого логічного виведення.

Розроблено інформаційну технологію оцінки якості електронних навчальних ресурсів. Програмна реалізація цієї технології надає можливість отримувати оцінку якості електронного ресурсу на основі нечітких вхідних критеріїв якості.

Описані критерії якості оцінювання електронних навчальних ресурсів .

Розроблені правила нечіткого логічного виведення, які містять досвід та знання щодо оцінювання якості електронних навчальних ресурсів експертом в цій області.

Розроблені підсистеми оцінювання якості електронних навчальних ресурсів.

Проведені комп'ютерні експерименти щодо правильності роботи експертної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Almohammadi, K., & Hagra, H. (2013). An adaptive fuzzy logic based system for improved knowledge delivery within intelligent E-Learning platforms. IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2013.6622350>
2. Aly, S., & Vrana, I. (2018). Toward efficient modeling of fuzzy expert systems: a survey. Agricultural Economics, 52, 456–460. <https://doi.org/10.17221/5051-agricecon>
3. Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2015). Fuzzy Logic for Adaptive Instruction in an E-learning Environment for Computer Programming. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 23(1), 164–177. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2014.2310242>
4. Eryilmaz, M., & Adabashi, A. M. (2020). Development of an Intelligent Tutoring System Using Bayesian Networks and Fuzzy Logic for a Higher Student Academic Performance. Applied Sciences, 10, 10(19), 1–18
5. Fedonuyk, A., Yunchyk, V., Mukutuyk, I., Duda, O., & Yatsyuk, S. (2021). Application of the hierarchy analysis method for the choice of the computer mathematics system for the IT-sphere specialists preparation.
6. Ojokoh, B. A., Omisore, M. O., Samuel, O. W., & Ogunniyi, T. O. (2012). A fuzzy logic based personalized recommender system. International Journal of Computer Science and Information Technology & Security (IJCSITS)
7. Yuriy Hrytsiuk, Orest Bilas. (2019). Visualization of Software Quality Expert Assessment. IEEE 2019 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2019), (Vol. 2, pp. 156–160), 17–20 September, Lviv, Ukraine. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 206 p.

8. Aleksandar S. Jovanovic: Expert Systems in Structural Safety Assessment: Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 1989 edition (September 28, 1989) – 502 с.
9. Інформаційні технології [Електронний ресурс]. – Точка доступу:URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційні_технології
10. Mehdi Rahmani-Andebili: Applications of Fuzzy Logic in Planning and Operation of Smart Grids (Power Systems): Springer; 1st ed. 2021 edition (May 25, 2021) – 236 с.
11. Барченко Н. Л. Оцінка алгоритмів діяльності людини-оператора в модульних системах електронного навчання / Н. Л. Барченко // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – Хмельницький, 2018. – № 1 (61) – С. 119-123.
12. Савченко З. В. Формування і використання інформаційних електронних науково-освітніх ресурсів [Електронний ресурс] / З. В. Савченко // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2010. – № 14 (18).
13. Ergart, R. (2002). “An explanation of the importance of electronic resources in undergraduate research.” Feliciter, 48 (4), 181-185.
14. Коневщинська О.Е. Електронні освітні ресурси у межах інформаційного забезпечення діяльності ресурсних центрів дистанційної освіти / О.Е. Коневщинська // Інформаційні технології і засоби навчання. - 2014. - Т. 43, №5. - С. 164-173.
15. Emery, J., Stone, G., & McCracken, P. (2020). Techniques for Electronic Resource Management: Terms and the Transition to Open. Chicago: American Library Association.
16. Інформаційні технології [Електронний ресурс]. – Точка доступу:URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційні_технології
17. Рідкокаша А.А., Голдер К.К. Основи систем штучного інтелекту. Навчальний посібник. Черкаси, "ВІДЛУННЯ – ПЛЮС", 2002. – 240 с

18. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.
19. Ротштейн О. Моделювання та оптимізація надійності багатовимірних алгоритмічних процесів [Текст] / О.П Ротштейн, С.Д Штовба, О.М Козачко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 212 с.
20. A.K. Bhargava: Fuzzy Set Theory Fuzzy Logic and Their Applications: S Chand & Co Ltd (December 1, 2013) – 379 с.
21. Andreas Meier, Edy Portmann: Applying Fuzzy Logic for the Digital Economy and Society (Fuzzy Management Methods): Springer; 1st ed. 2019 edition (March 8, 2019) – 218 с.
22. Категорії інформаційних технологій [Електронний ресурс]. – Точка доступу:URL: <https://mozok.click/642-nformacyн-tehnologyi.html>
23. Sven Hartmann, Josef Küng: Database and Expert Systems Applications: Springer; 1st ed. 2019 edition (August 6, 2019) – 251 с.
24. Інформаційні технології [Електронний ресурс]. – Точка доступу:URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційні_технології
25. M.K. Hasan: Fuzzy Sets and Fuzzy Logic with Applications: Imprecision, Uncertainty and Vagueness Scholars' Press; Illustrated edition (May 17, 2019) – 328 с.

ДОДАТОК А

Лістинг коду:

```
[System]
Name='A'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=0
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='a1'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Input2]
Name='a2'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Input3]
Name='a3'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Output1]
Name='A'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Rules]
```



```
[System]
Name='G'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=0
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='g1'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Input2]
Name='g2'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Output1]
Name='G'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Rules]
```

```
[System]
Name='K'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=3
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='k1'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Input2]
Name='k2'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Input3]
Name='k3'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Output1]
Name='K'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Rules]
1 1 1, 1 (1) : 1
2 2 2, 2 (1) : 1
3 3 3, 3 (1) : 1
```

```

[System]
Name='M'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=3
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='m1'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Input2]
Name='m2'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Input3]
Name='m3'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Output1]
Name='M'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF2='M': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
MF3='H': 'trimf', [0.6 1 1.4]

[Rules]
1 1 1, 1 (1) : 1
3 3 3, 3 (1) : 1
2 2 2, 2 (1) : 1

```

```

[System]
Name='Q'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=5
NumOutputs=1
NumRules=3
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='K'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Input2]
Name='M'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Input3]
Name='A'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Input4]
Name='G'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Input5]
Name='V'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Output1]
Name='Q'
Range=[0 1]
NumMFs=3

MF1='L':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF2='M':'trimf',[0.1 0.5 0.9]
MF3='H':'trimf',[0.6 1 1.4]

[Rules]
1 1 1 1 1, 1 (1) : 1
2 2 2 2 2, 2 (1) : 1
3 3 3 3 3, 3 (1) : 1

```