

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Метод та алгоритм інтелектуальної підтримки
прийняття рішень на основі нечітких
когнітивних карт
(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи СПМ-19-1
Даниленко Д.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Мартовицький В.О.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

Коваленко А.А.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Системне програмування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Даниленко Дарині Олексіївні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метод та алгоритм інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт

затверджена наказом по університету від “ 30 ” жовтня 2020 р. № 1486Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 14 грудня 2020 р.

3. Вхідні дані до роботи Публікації про використання методу нечітких когнітивних карт для автоматизації бізнес-процесів;

Процес підбору персоналу на підприємстві рішення процесу підбору персоналу;

Опитування представників HR;

Постанова про загальну Національну рамку кваліфікацій та карти компетенцій;

Інформація про сучасні методи відбору персоналу;

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1) Дослідження існуючих методів та алгоритмів прийняття рішень про відбір кандидата на посаду із множини претендентів;

2) Обґрунтування використання методу нечітких когнітивних карт для прийняття рішення щодо кандидата;

3) Дослідження основних способів оцінювання претендентів;

4) Розробка методу та алгоритму прийняття рішення щодо відповідності кандидата вакансії;

5) Розробка рекомендацій щодо реалізації даного методу.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайди презентації 13

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури про процес відбору кандидатів, аутстаф та аутсорс	02.11.20-14.11.20	
2	Аналіз існуючих методів та алгоритмів відбору кандидатів	15.11.20-20.11.20	
3	Огляд видів нечітких когнітивних карт	21.11.20-24.11.20	
4	Дослідження способів визначення компетенцій	25.11.20-28.11.20	
5	Розробка нового методу та алгоритму	29.11.20-07.12.20	
6	Опрацювання модельованого процесу	08.12.20-10.12.20	
7	Розробка рекомендацій для реалізації	11.12.20-13.12.20	

Дата видачі завдання 02 листопада 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Мартовицький В.О.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи: 85 с., 20 рис., 6 табл., 3 дод., 26 джерел.

ВІДБІР ПЕРСОНАЛУ, АУТСОРС, НЕЧІТКІ КОГНІТИВНІ КАРТИ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ГРАФ, IDEF0.

Метою атестаційної роботи є розробка та аналіз методу відбору претендентів на посаду за допомогою когнітивного моделювання та нечітких когнітивних карт.

У ході виконання атестаційної роботи були розглянуті різні методи відбору персоналу, та пояснено, чому увага приділялася саме методу нечіткого когнітивного моделювання. Були оглянуті різноманітні способи відбору, найпопулярніші із яких були використанні при розробці алгоритму. На основі алгоритму було змодельовано реальну ситуацію відбору, а результати були проаналізовані, на основі чого було визначено позитивні та негативні сторони, описані шляхи подальшого покращення.

ABSTRACT

Master's thesis: 85 pages, 20 figures, 6 tables, 3 appendices, 26 sources.

PERSONNEL SELECTION, OUTSORS, FUZZY COGNITIVE MAPS,
FUZZY LOGIC, FUNCTIONAL GRAPH, IDEF0.

The major goal of this thesis is to develop and analyze a method of selecting candidates for the position using cognitive modeling and fuzzy cognitive maps.

During the attestation work, various methods of personnel selection were considered, and it was explained why attention was paid to the method of fuzzy cognitive modeling. Various selection methods were reviewed, the most popular of which were used in the development of the algorithm. Based on the algorithm, the real situation of selection was modeled, and the results were analyzed, on the basis of which the positive and negative sides were identified, the ways of further improvement were described.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ	12
1.1 Огляд літератури за темою.....	12
1.2 Не вирішені раніше частини загальної проблеми	13
1.3 Постановка задачі атестаційної роботи	14
1.4 Відбір персоналу на конкретну позицію	15
1.4.1 Способи оцінки претендентів для прийняття на роботу.....	15
1.4.2 Запозичена праця. Особливості відбору	17
1.5 Системи підтримки прийняття рішень	19
2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ	21
2.1 Альтернативні методи вирішення проблеми	21
2.2 Використання когнітивних технологій.....	23
2.3 Методи когнітивного моделювання.....	24
2.4 Способи визначення критеріїв для оцінювання.....	30
3 ОПИС АЛГОРИТМУ МЕТОДУ	32
3.1 Когнітивний аналіз ситуації.....	32
3.2 Функціональна модель	36
3.3 Базова математична модель	39
3.3.1 Алгоритм математичної моделі	42
3.4 Опис алгоритму методу	46
3.5 Приклад використання алгоритму	48
3.6 Вибір алгоритму нечіткого виведення.....	55
4 ТЕСТУВАННЯ.....	57
4.1 Реалізація методу на прикладі	57
4.2 Аналіз методу	65

4.3 Рекомендації для розробки програмного продукту.....	67
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	72
ДОДАТОК А Графічний матеріал атестаційної роботи	75
ДОДАТОК Б Діаграми для прикладу аналізу НКК.....	82
ДОДАТОК В Приклад функціональної моделі для системи відбору персоналу	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ЛЗ – лінгвістична змінна

НКК – нечітка когнітивна карта

СППР – система підтримки прийняття рішень (англ. Decision Support System – DSS)

IDEF0 – методологія функціонального моделювання (англ., Icam DEFinition)

ВСТУП

У сучасному світі постійного технологічного прогресу проблема автоматизації процесів відбору персоналу стає все більш актуальною. Персонал безсумнівно вважається одним із основних ресурсів будь-якого успішного підприємства, важливий фактор при вирішенні стратегічних проблем розвитку, який сприяє підвищенню конкурентоспроможності і зниженню витрат ресурсів. У процесі підбору на аутстаф або найму працівників етап вибору із купи претендентів виконується в основному людьми, займаючи багато часу та сил. Саме тому автоматизація цього етапу та пошук нових методів для покращення відбору кандидатів на посаду є важливим завданням, яке широко досліджується останні декілька років. Прикладом таких досліджень можуть бути публікації про введення у процес підбору нейронних мереж – одного із наразі найпопулярніших інструментів для вирішення різних видів завдань.

Велика кількість даних про кандидатів на етапах рекрутингу та відбору (резюме, відгуки, оцінки тестів, звіти та статистика) змушує шукати зручні та перспективні засоби для збирання, збереження, та аналізу. Такі програмні додатки та платформи стають дуже розповсюдженими останні декілька років, але більшість із них не автоматизує етап відбору, повністю залишаючи це завдання на розсуд відділу кадрів. Саме тому новітні методи мають запропонувати щось більше ніж просто зручне сховище даних.

Іншою проблемою для вирішення є суб'єктивність оцінок на етапі відбору, їх неоднозначність, слабка структурованість та велика кількість способів для перевірки претендента. В результаті маємо набір інформації, занадто великий та складний для аналізу та статистики. Саме тут у пригоді можуть стати системи підтримки прийняття рішень. Їх застосування надає можливість використовувати обчислювальні потужності комп'ютерів для виконання обробки, аналізу і прогнозування даних в режимі реального часу,

для допомоги у вирішенні питання найму підходящого працівника. Відбір одного із кандидатів на конкретну позицію - це завжди нетривіальна задача та окремий проєкт, бо фактори та пріоритети різних компаній до претендентів на посаду можуть сильно відрізнятись.

Актуальність теми – використання популярних неавтоматизованих методів відбору потребують багато людських та часових ресурсів, пошуку, обробки та аналізу великої кількості інформації, що лиш ускладнює прийняття рішень на рівні роботи із персоналом в організації. Застосування нових підходів при розгляді слабкоструктурованих систем, та сучасних комп'ютерів із вищою обчислювальною потужністю може полегшити виконання складних розрахунків, обробку, аналіз даних, прийняття рішень і прогнозування подій у режимі реального часу. Тому доцільною є розробка систем підтримки прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт, яка б створювала візуально зрозумілу картину процесу та могла виконувати більш складний аналіз.

Мета дослідження – розробка та обґрунтування методу і алгоритму побудови системи підтримки прийняття рішень на основі когнітивного моделювання та нечітких когнітивних карт, їх застосування у різних випадках відбору претендентів.

Об'єкт дослідження – процес відбору претендента на посаду.

Предметом дослідження є вироблення рекомендацій для автоматизації методу відбору претендента на посаду прийомками когнітивного аналізу.

Методи дослідження – методи теорії систем, математичного моделювання, системного аналізу, теорії нечітких множин, теорії когнітивного і імітаційного моделювання, теорії графів.

Результатом дослідження є запропонована модифікація побудови нечітких когнітивних карт із застосуванням апарату нечітких множин, обчислювальний алгоритм, рекомендації для розробки програмної реалізації та приклад застосування методу для відбору претендента на конкретну посаду.

За умови доведення переваг цього методу, його можна буде використовувати як додатковий автоматизований модуль у системі керування персоналом, а саме для етапу відбору у процесі підбору та прийняття на роботу нового працівника. Також цей метод може підійти для вирішення задачі відбору персоналу фірми для аутсорсу та аутстафу (запозиченої праці).

1 ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

1.1 Огляд літератури за темою

Огляд літературних джерел у відкритому доступі мережі Інтернет з питань управління персоналом, його рекрутингу та проведення процесу відбору, дає змогу стверджувати, що проблема автоматизації процесу відбору досі залишається у стані розвитку і потребує нових ідей та реалізацій. Варто також зазначити, що більшість авторів розглядає відбір персоналу не як окремий важливий етап, а лише як незначну частину процесу найму, що можливо і є одною із причин малої кількості досліджень на цю тему. Серед наявних джерел можна виділити публікацію Н. Казаринової [1], в якій визначається модель обчислення відповідності кандидата вимогам вакантної посади. Цікаві ідеї про визначення основних критеріїв оцінки претендентів було висловлено в роботі Т. Білорус [2]. Серед останніх досліджень присвячених класифікації методів відбору, які використовуються підприємствами варто відзначити наукову статтю К. Павленко та В. Шульгіної [3] а також роботу Ю. Маняка [4].

У роботах В. Вітлінського [5] Т. Азарнової та И. Тернових описується приклад використання нейронних мереж, але він підходить не для етапу відбору, а скоріше для оцінки відповідності найнятих працівникам запитам фірми, враховуючи результати роботи протягом декількох місяців [6].

Вагомий внесок в розробку ідеї використання нечіткої логіки для підтримки прийняття рішення про призначення на посаду зробили такі автори як Н. Кондратенко, С. Лужецький, О. Чеборака [7]. Добре описані напрями застосування математичних методів та моделей для відбору у публікації К. Котляревської [8]. Теоретичний курс про технологію нечіткого моделювання процесів управління, нечіткі системи та бази нечітких знань має місце у навчальній літературі вітчизняного автора А. Каргіна [9-10].

1.2 Не вирішені раніше частини загальної проблеми

В сучасному українському бізнес-просторі розглядаються усі питання роботи із персоналом, усі можливі способи покращення та спрощення процесів технічними засобами. Переважно розробка нового інструментарію надихається або запозичується у досвідчених сусідніх країн, де подібні програмні засоби вже довели свою корисність. Так популярна система ATS (Applicant Tracking System) автоматизує процес рекрутингу на етапі знаходження кандидатів, використовується у багатьох розроблених в Україні засобів для роботи з персоналом. Наприклад, додаток «E-Staff Рекрутер» реалізовує зручний метод пошуку і ведення бази кандидатів, інтеграцію із сайтами з пошуку роботи, та здатен виконувати просту аналітику через швидку генерацію звітів та статистики. Можемо бачити, що блоку підтримки прийняття рішення при відборі на посаду тут не представлено. Для порівняння, візьмемо ще одну відому українську систему «HURMA» (HRIS/HRM-система) для автоматизації усіх HR-процесів. В ньому є інструментарій для опитувань, рекрутингу, збирання статистики та загальної аналітики співробітників, відстежування прогресу до цілей та бази кандидатів. Але навіть тут немає блоку, який би допомагав вирішувати задачу відбору одного із претендентів на посаду.

Таким чином, можна зробити висновок, що в Україні є проблеми із пошуком та розробкою методів автоматизації відбіркового процесу, що можна пояснити не тривіальністю задачі, адже керівники та працівники кадрових служб у більшості випадків інтуїтивно приймають рішення щодо відбору працівника. Досвід введення автоматизованих рішень раніше не приносив значних покращень, а подальші дослідження виявляли, що в окремих випадках, вони навіть призводили до помилкових результатів.

1.3 Постановка задачі атестаційної роботи

Задача прийняття рішення є філософською і в більшості випадків нетривіальною, адже кожна людина буде шукати рішення по-своєму, орієнтуючись на власний унікальний досвід, переконання та цілі. Все ускладнюється ще й тим, що нам не цікаве просте прийняття рішень – нас цікавить прийняття найбільш правильного рішення із можливих. Таке рішення буде відповідати зовнішнім та внутрішнім умовам на підставі знань про об'єкт управління, процеси, що в ньому відбуваються і відбуватимуться з перебігом часу, воно буде враховувати важливі чинники (час, гроші, можливості), та наближати до цілі.

Досягнення поставленої у цій роботі мети передбачає вирішення таких основних завдань:

- проаналізувати популярні методи прийняття рішень про відбір одного кандидата із множини претендентів, які використовуються представниками HR та керівниками сучасних підприємств;
- обґрунтувати використання методу нечітких когнітивних карт для системи підтримки прийняття рішень;
- описати основні способи оцінювання претендентів за ключовими факторами компетенцій;
- описати алгоритм методу для прийняття рішення про вибір кандидата на вакантну посаду;
- проаналізувати результати роботи даного методу;
- зробити висновки про метод нечітких когнітивних карт, розробити рекомендації для його реалізації та вказати напрями для подальшого розвитку і використання.

1.4 Відбір персоналу на конкретну позицію

1.4.1 Способи оцінки претендентів для прийняття на роботу

Відбір кадрів – це процес вивчення психологічних та професійних якостей працівника з метою встановлення придатності для виконання обов'язків на певному робочому місці чи посаді та відбору з сукупності претендентів такого, що найбільше задовольняє потреби фірми у даній вакансії.

Вибрати кращого із претендентів на робочу позицію - складне завдання у процесі підбору персоналу. Кандидати зазвичай виконують декілька завдань, щоб було більше факторів для відбору. Їх оцінювання проходить по різних напрямках, які визначаються індивідуально для конкретної вакансії і обговорюються завчасно, наприклад, у загальному випадку визначають:

- особисті якості;
- рівень навчання;
- досвід роботи;
- професійні навички;
- додаткові навички (швидкість друку, знання іноземної мови);
- співпадіння із цінностями компанії;
- комунікативність;
- бажання кар'єрного росту;
- психологічний стан, тощо.

Для з'ясування цих відомостей про претендентів менеджери з керування персоналом застосовують різноманітні способи. До класичних та найбільш розповсюджених належать: аналіз резюме, анкетування, телефонна або відеоспіврозмова, різні види співбесід, та тестувань, бізнес-кейсів, інтерв'ю. Від телефонного інтерв'ю є сенс відмовитися бо на нього витрачається багато часу, а важлива інформація відсутня, при чому цю інформацію можна легко дістати під час інтерв'ю.

Сучасні дослідження пропонують незвичайні варіанти інтерв'ю, що дозволяють оцінити поведінку людини в нестандартних ситуаціях:

- провокаційне інтерв'ю;
- стресова співбесіда;
- інтерв'ю англійською мовою.

При аналізі отриманих даних для кожного способу використовуються індивідуальні методи оцінки:

1) Біографічний метод полягає в тому, що відділ кадрів разом із відділом безпеки збирає, перевіряє та аналізує інформацію про кандидата, представлену в резюме та у загальному доступі, або якщо це працівник даної фірми, то береться до уваги лист обліку, автобіографія, освіта, характеристика та ін.

2) Визначення компетентностей, стану психіки, індивідуальних особливостей, мотивів через аналіз відповідей кандидата на питання або вирішення завдань за допомогою психологічних прийомів.

3) Ранжування. Порівняння оцінюваних співробітників між собою і розташування їх за обраним критерієм у порядку зниження або зростання рангу та порівняння із ідеальним кандидатом.

4) Функціональна оцінка - аналіз процесів відповідності співробітника своїм посадовим обов'язкам.

5) Комплексна оцінка праці. Визначення сукупності оціночних показників якості, складності та результативності праці та порівняння їх з попереднім періодом або нормативом на основі застосування вагових коефіцієнтів.

Найчастіше використовуються психологічні тести, професійні опитування, тести, що оцінюють загальний рівень здібностей.

До нетрадиційних способів оцінки претендентів відносять комп'ютерну діагностику, оцінку здібностей за силою голосу або відбитками пальців, графологію, проходження детектора брехні, брейншторм-інтерв'ю, тести на визначення IQ, наприклад, тест «Числові ряди» або «Кількісні відношення»

для оцінки логічного мислення та ін. Недоліком цих методів є посереднє співпадіння висновків із реальністю та неможливість винесення виваженого вердикту орієнтуючись тільки або в основному на них.

Користуватися нетрадиційними способами, які прийшли з інших країн потрібно з обережністю бо їх адаптація часто представляє собою лише переклад, а описані методики навіть не відповідають основним психометричним вимогам. В таких випадках їх спочатку перевіряють на тестових кандидатах, дізнаються, чи користуються вони підтримкою відомих наукових видавництв, та чи мають докази власної користі.

Оцінювання кандидата за допомогою вищенаведених способів виконується кваліфікованими фахівцями у роботі з персоналом, менеджерами, винесення вердикту про найм співробітника здійснюється керівником або головою відділу кадрів.

1.4.2 Запозичена праця. Особливості відбору

На сьогоднішній день незаперечна вигода залучення тимчасових співробітників. Тимчасовий персонал - це штат працівників, який набирається під певний проєкт з терміном роботи від доби до шести чи більше місяців, в залежності від тривалості проєкту, складності реалізації або обов'язків виконавців. Користю від їх найму є спрощення юридичного оформлення, звільнення компанії від платежів з утримання постійного співробітника, делегування частини функцій, регулювання робочого навантаження, а також зниження адміністративних і бухгалтерських витрат.

Головною відмінною ознакою працівників із запозиченої праці від звичайних працівників є те, що за трудовим договором із запозиченої праці працівник укладає трудовий договір із приватним агентством зайнятості та зобов'язується виконувати свою трудову функцію на користь іншої особи чи організації, що в обов'язковому порядку повинно бути вказано у трудовому договорі.

Тимчасовий набір персоналу, крім своєї основної мети - забезпечення організації людьми на певний період, може бути прекрасним способом перевірки тимчасово найнятих працівників з метою можливого продовження співпраці з ними на довгостроковій основі.

Сучасні підприємства постійно перебувають у пошуку нових можливостей, які сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності, зниженню витрат ресурсів і оптимізації підприємницьких процесів, тому використання запозиченої праці та пошук нових методів для відбору персоналу, зокрема і на аутсорс, є важливим завданням, яке широко досліджується останні декілька років.

В науці трудового права та на практиці поряд із поняттям «запозичена праця» використовуються такі поняття як «аутстафінг», «аутсорсинг», «оренда персоналу», «лізинг персоналу», «підбір тимчасового персоналу», «хедхантинг» та «аутплейсмент». Описи термінів, представлені нижче, відбиралися з точки зору їх найпопулярнішого тлумачення.

Аутсорсинг (з англ. або *outsite-resource-using* – використання послуг із зовнішніх джерел, або *out-sourcing* – зовнішнє джерело) – передача компанією певних бізнес-процесів або виробничих функцій на обслуговування іншому підприємству, яке спеціалізується у даній галузі. Особливістю аутсорсингу є те, що підприємство-користувач при вступі у такі правовідносини, отримує не працівника, а послугу у вигляді функції (виключається пряма взаємодія замовника з працівниками виконавця). Такі поняття як «лізинг персоналу» (*staff leasing*), «виведення за штат» (*outstaffing*) та підбір тимчасового персоналу (*temporary staffing*) виділяють як форми аутсорсингу, однак вони є окремими видами займаної праці.

Аутстафінг або виведення персоналу за штат полягає у тому, що працівник звільняється з організації, де він фактично працює, після чого працівником укладається трудовий договір із кадровим агентством, при цьому працівник залишається далі виконувати трудові обов'язки в тій же організації [11].

Особливість етапу відбору працівників на аутстаф або аутсорс виражається у тому, що для роботи над проектом шукають групу спеціалістів із штату фірми які мають конкретні навички. При цьому загальний відбір по рівню освіти, оцінці резюме можна вже не проводити, Додатково будуть оцінюватися робота у фірмі, відгуки співробітників, рейтинг популярності, тощо.

1.5 Системи підтримки прийняття рішень

Невпинні світові тенденції до ускладнення існуючих рішень і покращення їх якості зумовлюють перехід до систем підтримки прийняття рішень у багатьох сферах людської діяльності.

Численні дослідження процесів прийняття рішень підтверджують, що суб'єктові управління не властиво мислити і приймати рішення тільки в кількісних характеристиках. Експерт, як людина, мислить, перш за все, якісно, і для нього пошук рішення - це, пошук рішення у вигляді відомих йому образів, де кількісні оцінки грають допоміжну роль. Тому подібні структури знання в мисленні, які достатньо складно описати математично, і які мають слабкі зв'язки між собою є прикладами слабкоструктурованих систем.

Під слабкоструктурованою системою розуміють таку динамічну систему, в структурі і функціонуванні якої важливу роль відіграє людський чинник, для різних проявів якого практично неможливо побудувати точні математичні моделі. Однією з причин також є недолік інформації про стан системи в умовах зовнішнього середовища. Також можна виділити невизначеність цілей розвитку системи, що ускладнює вибір управлінського рішення. Інша складність може бути пов'язана з тим, що суб'єктові управління доводиться маніпулювати якісною інформацією у вигляді припущень, інтуїтивних понять, образів, суб'єктивних моделей, які засновані на експертній інформації [12].

З вищенаведеного випливає, що прийняття рішень у слабкоструктурованих системах – це інтелектуальний процес вирішення проблем, який має бути заснованим на раціональному виборі варіанту рішення [13], який запропонований людиною або групою людей, тому має враховувати суб'єктивні якісні та кількісні фактори та великі обсяги даних для автоматичної обробки, ось чому для таких завдань використовують системи підтримки прийняття рішень.

Через постійне збільшення об'ємів продукції, накопичення різноманітних даних, створення нових методів для покращення результату, системи стають все більш комплексними, збільшується функціональність, виявляються нові взаємозв'язки – робочі процеси стають занадто складними для прийняття рішень однією людиною. Ось чому велику увагу починають приділяти системам підтримки прийняття рішень (англ. Decision Support System – DSS). Це інтерактивна комп'ютерна автоматизована система, що призначена для допомоги та підтримки різних видів діяльності людини при прийнятті рішень стосовно розв'язання слабо структурованих або неструктурованих проблем, а також знаходження нових знань на основі старих.

Система підтримки прийняття рішень (СППР) є інтерактивною системою, яка забезпечує користувачу доступ до моделей і даних для того, щоб підтримати складний процес прийняття рішень стосовно слабо структурованих і неструктурованих завдань [14].

2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

2.1 Альтернативні методи вирішення проблеми

Якщо звернутися до опису процесу підбору кандидата на посаду, то можна побачити, що зазвичай етап відбору представляється як проведення професійного інтерв'ю та співбесіди із представниками HR, можливе також проведення додаткових тестувань та анкетувань. Після виконання усіх цих кроків менеджери оцінюють отримані результати, порівнюють кандидатів та приходять до остаточного рішення щодо претендентів. Цей метод відбору є неавтоматизованим, сильно залежить від кваліфікованості, досвіду та професіоналізму відділу кадрів, потребує максимальної уваги для роботи із такою великою кількістю факторів відбору, та не опирається на математичні методи визначення. Аналіз результатів буде суб'єктивним, а в разі роботи над проблемою декількох спеціалістів, їм треба буде витратити час на те, щоб дійти згоди у тому, які критерії найважливіші. Зважаючи на таку велику кількість спірних моментів, є сенс шукати альтернативні методи.

Одним з доволі ефективних сучасних методів відбору персоналу за допомогою багатокритеріального аналізу є метод так званої «ідеальної точки» або «ідеального кандидата», в його основу покладений розрахунок відстані у багатомірному просторі критеріїв між точкою, що відповідає ідеальній альтернативі, та точкою, що відповідає альтернативі, яка досліджується в конкретному випадку. Ідеальною вважається така альтернатива, яка має найкраще значення всіх критеріїв. У описі прикладу методу «ідеального кандидата» вирішувалася задача відбору кандидата на посаду адміністратора готельного комплексу «Гранд Адмірал Клуб».

Перевагами цього методу є:

- легкість розробки та введення;
- достатньо виділити найважливіші вимоги, експерти не потрібні.

Недоліками цього методу є:

- поверхневість вибраних критеріїв, тобто, не враховується вплив факторів одне на одного, їх комплексна оцінка за багатьма показниками;
- суб'єктивна неорганізована думка менеджерів та керівників при оцінці всіх критеріїв, немає стабільної бази правил.

Ще один метод базується на розрахунку коефіцієнту відповідності профіля кандидата профілю вакантної посади (переліку вимог до відкритої вакансії), за яким формується список кандидатів на вакантні посади.

Перевагами цього методу є:

- легкість розробки та введення;
- достатньо виділити найважливіші вимоги, експерти не потрібні.

Недоліками цього методу є:

- обмеженість оцінки тієї чи іншої навички двома значеннями: «нуль балів» та «один бал»;
- врахування лише декількох, визначених в роботі критеріїв (досвід роботи, рівень освіти, рівень володіння англійською мовою, можливість працювати у команді та у стислі терміни);
- при цьому не враховується комплексність вибраних критеріїв, тобто, що на них можуть впливати інші;
- суб'єктивна неорганізована думка менеджерів та керівників при оцінці всіх критеріїв.

Завдяки проведеному анкетному опитуванню серед представників HR та його аналізу можна побачити, що найчастіше в харківських компаніях використовується метод ранжування (рисунок 2.1). Його суть у порівнянні оцінюваних співробітників між собою і розташуванні їх за обраним критерієм в порядку зниження або зростання рангу та порівнянні з портретом «ідеального кандидату». Автоматизація на цьому етапі представлена тільки в тому, що дані претендентів зберігаються та переглядаються в електронному додатку. Рідше звертаються до методу функціональної оцінки керівника –

тобто його суб'єктивного аналізу відповідності співробітника своїм посадовим обов'язкам.

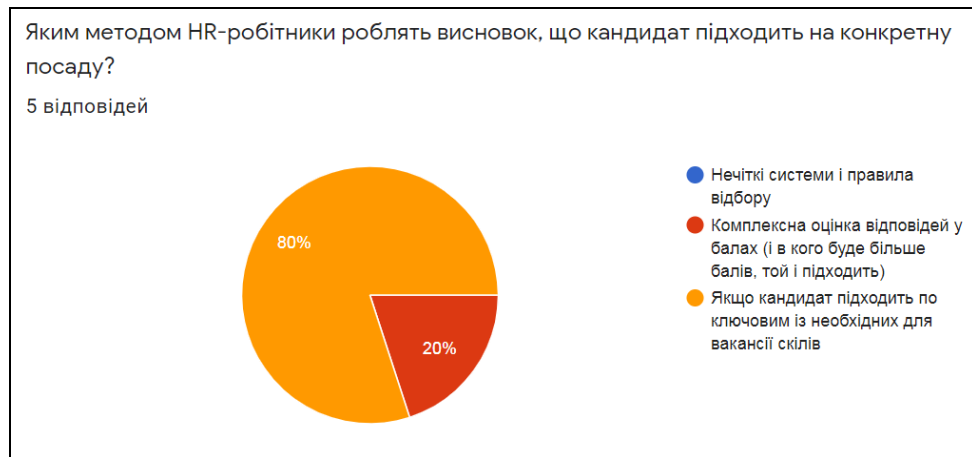


Рисунок 2.1 – Результат анонімного анкетного оцінювання представників HR

Якщо йдеться про претендентів, які проходять випробувальний термін, або студентів на стажуванні, то може застосовуватися метод комплексної оцінки праці у часі. Суть у визначенні сукупності показників якості, складності та результативності праці та порівнянні з попереднім періодом або нормативом за допомогою застосування вагових коефіцієнтів.

Основна складність, яка виникає при використанні вищезгаданих методів, полягає у тому, що аналітичний опис або статистичне спостереження залежності між вхідними та вихідними параметрами є досить складними, тому доводиться вдаватися до суб'єктивних моделей експертної оцінки, які вибудовуються людською логікою, аналогією із власного досвіду, «здоровим глуздом» та інтуїцією.

2.2 Використання когнітивних технологій

На теперішній час, з розвитком методів штучного інтелекту і, що головне, із створенням технічних засобів, які мають високу обчислювальну продуктивність та здатність опрацьовувати великі об'єми інформації за

певний час, зростає інтерес включення до складу СППР когнітивних технологій.

Когнітивні технології добре зарекомендували себе у вирішенні задач прогнозу ситуацій, оскільки здатні відобразити складові частини системи та зв'язки між ними, однак, на жаль, майже не застосовуються у багатьох сферах діяльності, які потребують покращення вже за рахунок як людських ресурсів так і допоміжних комп'ютерних систем, наприклад, подібні рішення могли б використовуватися для покращення підбору персоналу у фірму або на аутсорс.

Когнітивні методи використовуються в різноманітних сферах суспільного життя [15-16]. Даний напрямок є перспективним та таким, що швидко розвивається та вдосконалюється, чому сприяє зростання обчислювальної потужності сучасних комп'ютерних засобів. Це свідчить про те, що доцільно розглянути можливість використання когнітивних технологій при вирішенні різноманітних завдань прийняття рішень в слабо структурованих системах, які часто виникають на підприємствах та фірмах.

2.3 Методи когнітивного моделювання

Методологія когнітивного моделювання розвивається у напрямку вдосконалення апарату аналізу і моделювання ситуації. Когнітивна карта дає змогу наочно (за допомогою зручного графічного відображення) показати і в той же час комплексно оцінити ситуацію, що досліджується, визначити причинно-наслідкові зв'язки між параметрами системи, а також їх вплив на ситуацію в цілому.

На сьогодні розроблено декілька різновидів когнітивних карт. Кожен з різновидів відрізняється процедурою початкового визначення структури та підходами до їх аналізу. Серед них:

- традиційні когнітивні карти;
- знакові когнітивні карти;

- нечіткі когнітивні карти;
- нечіткі реляційні когнітивні карти, тощо.

Класична когнітивна карта являє собою знаковий орієнтований граф:

$$G = \{\bar{V}|\bar{E}\} \quad (2.1)$$

де $V = \{v_i \in V, i = 1, 2, 3, \dots, k\}$ - вершини когнітивної карти, представлені у вигляді безлічі чинників, цілей або подій;

$E = \{e_i \in E, i = 1, 2, 3, \dots, k\}$ - дуги когнітивної карти, безліч відносин, що показують вплив факторів, цілей або подій одне на одного.

Такі карти сприяють ефективному поданню знань та їх подальшій діагностиці. Прикладами успішної реалізації цього методу можна назвати використання когнітивних карт як засобу аналізу параметрів, що впливають на формування підсумкової оцінки у студентів вищого навчального закладу під час використання дистанційної складової в освітньому процесі університету [17].

Виділяють карту-шлях, що є послідовністю зв'язків між об'єктами певного маршруту, і карту-огляд, що є одночасним представленням просторового розташування об'єктів. Для такої задачі, як вибір найліпшого кандидата більше підійшла би саме карта-огляд, адже рішенням, запропонованим у даній роботі є огляд на всі важливі чинники ситуації, але для задач із складною структурою взаємозв'язків треба шукати більш гнучкі та складні рішення.

Знакові когнітивні карти визначаються як орієнтований зважений граф. Їх призначення - представити модельовану систему, як сукупність концептів, кожному з яких відповідає модельована змінна. Змінні пов'язані відношеннями, що визначаються ребрами графа. Різниця лиш у тому, що дані зв'язки можуть бути як додатними, так і від'ємними, і описують вплив між концептами. Цей різновид карт є найбільш спрощеною версією і, як наслідок,

застосовується не так широко, як інші.

Знакові когнітивні карти представлені концептами, що мають якісну природу, і відповідають зростанню, спаданню або сталості числової характеристики, що характеризує даний параметр системи. Тому оцінка кількісної зміни при їх застосуванні ускладнена.

При аналізі стійкості знакових когнітивних карт використовується традиційний підхід аналізу лінійних систем. Даний підхід побудований на співставленні кількох контурів з вершинами у концептах карти. Проте такий аналіз не припускає виявлення характерних взаємних впливів концептів і розмістити їх у порядку спадання ступеню впливу на позитивні і негативні сценарії перебігу ситуацій.

Також даний тип когнітивних карт має обмежений алфавіт, відповідно це обмежує його можливості щодо репрезентації взаємозв'язків між вершинами і не дозволяє відслідковувати особливості процесів, що мають кількісну природу.

Слабкі сторони знакових когнітивних карт зумовили розвиток набору їх модифікацій, які значно збагачують їх можливості щодо проведення кількісного аналізу складних систем.

Найбільш відомий тип нечітких когнітивних карт було запропоновано Коско [18], вони отримали назву нечітких когнітивних карт (Fuzzy Cognitive Maps). Цей термін напряму пов'язаний із визначенням нечіткої множини.

Чітке визначення поняттю нечіткої множини дав всесвітньо відомий математик Лотфі Заде. Нехай E буде множиною (зліченною або незліченною), а x – це елемент E . Тоді нечіткою множиною множини E називатиметься множина впорядкованих пар:

$$\{(x | \mu_{\tilde{A}}(x))\}, \quad (2.2)$$

де $\mu_{\tilde{A}}(x)$ - ступінь належності x до A [19].

Функція належності елемента до множини приймає значення у інтервалі $[0, 1]$, а не тільки 0 або 1 (характерна риса нечіткої логіки). Таким чином когнітивні карти Коско дозволяють вказати «інтенсивність» впливу між факторами.

Подібна математична структура дозволяє формалізувати суто суб'єктивну думку людини, сформовану в умовах неповної інформації щодо приналежності елемента до деякої групи. До таких структур можна, наприклад, віднести деяку підмножину людей-брюнетів в заданій множині людей із темним волоссям або нечітку підмножину темно-синіх кольорів в безлічі офіційних кольорів палітри і таке інше.

Переваги:

- дає можливість оперувати неповно визначеними елементами, відношення яких до даної множини не зовсім впорядковане;

- дає можливість проведення швидкого моделювання складних динамічних систем і їхнього порівняльного аналізу із заданим ступенем точності: завдяки принципам поведінки системи, описаним нечіткими методами, не витрачається багато часу на з'ясування точних значень змінних і складання рівнянь, що їх описують;

- дає можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння: оперування критеріями «більшість», «можливо», «переважно» тощо;

- дає можливість використання ще однієї математичної структури - набору. Набором називають безліч елементів предметної області, при якому допускається багаторазове додавання одного і того ж елемента у набір.

Після нечітких когнітивних карт Коско були запропоновані їх численні модифікації.

Наступними почали публікуватись роботи, в яких пропонують численні покращення нечітких когнітивних карт Коско в задачах моделювання слабкоструктурованих систем. В деяких статтях [20] концепти когнітивних карт відповідають відрізку шкали $[-1, 1]$. При використанні в традиційних когнітивних картах зв'язки набували б одного з трьох значень

множини $\{-1, 0, 1\}$, але з використанням нечіткої логіки показник зв'язку може мати будь-яке значення у цій шкалі.

Для використання апарату нечітких множин в повній мірі було розроблено також нечіткі продукційні когнітивні карти. В даному виді карт впливи факторів характеризуються нечіткими продукційними правилами (Rules Based Fuzzy Cognitive Maps). Концепти таких карт представлені нечіткими множинами, визначеними за допомогою функцій належності. Причинно-наслідкові відношення концептів характеризуються як нечітке продукційне правило [21] відносно приростів нечітких значень концептів та нечітких значень ваги. Загальний вигляд такого правила: якщо «приріст концепту А незначний», то «приріст концепту В набуває середнього значення». Трансформація впливів між концептами відбувається шляхом застосування нечіткого логічного висновку.

З метою агрегування впливів у результуючому концепті використовують спеціальний оператор «нечіткого агрегування з каррінгом» (Fuzzy Capu Accumulation). Його застосовують для агрегування кількох зв'язків між вхідним концептом, заданим за допомогою нечітких множин (тобто її функцій належності) та вихідним концептом.

Також існують узагальнені базовані на правилах нечіткі когнітивні карти (Generalized Rule-Based Fuzzy Cognitive Maps). Це нечітка причинно-наслідкова карта, де кожне поняття містить кілька функцій належності. Ці функції представляють значення концепції (типові стани). Ваги впливу між типовими станами двох понять представлені також як функції належності. Усі компоненти (поняття, взаємозв'язки) та механізми (причина, наслідок, причинно-наслідкове накопичення, системна динаміка) є нечіткими. Цей вид карт підходить для більш складних та заплутаних задач ніж прийняття рішення про те, чи підходить кандидат. [22].

Для отримання більшої гнучкості при побудові моделей слабкоструктурованих систем, в яких наявний нечіткий фактор, введено термін «нечітких реляційних когнітивних карт» та розроблено узагальнену

форму методів нечіткого когнітивного аналізу з урахуванням реляційного представлення нечітких зв'язків впливу між вершинами. Даний підхід використовує представлення нечітких реляційних когнітивних карт у якості узагальнення відомих типів чітких карт на основі нечіткої логіки.

Таблиця 2.1 – Порівняння методів нечітких когнітивних карт

Метод	Спосіб зображення	Метод аналізу	Використання кількісних характеристик зв'язку	Використання якісних характеристик зв'язку
Класичні когнітивні карти	Орієнтований граф	Аналіз лінійних систем	+	-
Знакові когнітивні карти	Орієнтований граф	Аналіз лінійних систем	+	-
Нечіткі когнітивні карти Коско	Функціональний граф	Матричні перетворення	+	+
Нечіткі знакові когнітивні карти Коско	Функціональний граф	Операції над нечіткими множинами	+	+
Нечіткі реляційні когнітивні карти	Функціональний граф	Матричні перетворення	-	+
Узагальнені базовані на правилах нечіткі когнітивні карти	Функціональний граф	Матричні перетворення	-	+

Отже, на сьогодні існують численні модифікації когнітивних карт, проте значення концептів в переважній більшості даних моделей є чіткими числами, що обмежує їх можливості для моделювання складних систем. Тому доцільним є вибір модифікації нечітких когнітивних карт із застосуванням апарату нечітких множин.

З таблиці можна зробити висновок, що найкращим для використання у задачі кращого підбору персоналу у аутстаф є саме нечіткі когнітивні карти Коско.

Серед задач, які могли б відповідати сучасним актуальним проблемам можна виділити, наприклад, запозичення програмістів або тестувальників до компаній на окремі невеликі проекти, де можуть на відносно короткий термін знадобитися кадри зі специфічними знаннями та навичками для цієї компанії. Наприклад, для компанії, що орієнтується на Java-розробку, необхідний розробник рівня Junior для створення нового тестового проєкту зі змішаними технологіями.

2.4 Способи визначення критеріїв для оцінювання

Для визначення основних критеріїв оцінки претендентів розглядаються компетентності робітників. Важливо зазначити, що пріоритети різних компаній будуть відрізнятися. Співробітник, який вважається найкращим для одного підприємства, не підходить іншому. Одні керівники зацікавлені в пошуку людей, що одразу здатні видавати необхідний результат, інші готові витратити час на навчання людей, що не володіють досвідом. Через різні потреби, фактори і чинники, кожна така задача передбачає або видозміну існуючих методів, або знаходження нових шляхів.

Компетентність обраного персоналу для винесення за штат може оцінюватися зокрема за допомогою розроблених постанов Кабінету Міністрів України, де описуються рівні кваліфікації а також загальна Національна рамка кваліфікацій [23].

На жаль, рамка кваліфікацій дає достатньо абстрактні пояснення щодо володіння навичками. Ось чому більшість фірм мають власні карти компетенцій, розроблені та задокументовані відділом кадрів, які можуть коригуватися із плином часу та зміною потреб.

Для побудови списку підходящих компетенцій треба враховувати унікальність кожного окремого випадку: особливості підприємства, процеси, зовнішні та внутрішні чинники, відповідно до яких вона переглядатиметься, трансформуватиметься, розвиватиметься і коригуватиметься. Для адекватної оцінки компетентностей персоналу потрібні кастомізовані («підігнані» під потреби галузі) методи. Саме тому програмне забезпечення має бути достатньо гнучким, щоб пропонувати своїм клієнтам створювати власні критерії, без привязки до конкретних методів визначення кваліфікацій, тоді можна очікувати і гнучкості при відборі кадрів.

Ще одним способом, який допомагає у визначенні критеріїв, є розробка профілю ідеального працівника, на основі якого визначаються якості, що сприяють максимальному досягненню результатів на роботі.

3 ОПИС АЛГОРИТМУ МЕТОДУ

3.1 Когнітивний аналіз ситуації

Когнітивний аналіз складної ситуації на кшталт підбору найкращого кандидата можна розбити на декілька етапів.

Першим і одним із найголовніших є формулювання основного завдання і цілей. Один із засновників гештальтпсихології видатний німецький психолог М. Вертгеймер висунув ідею про те, що головним в процесі прийняття рішення є не стільки операційно-технічні процедури, спрямовані на рішення вже сформульованої задачі, скільки саме формулювання завдання, чітка постановка проблеми і що саме до цієї сторони розумового процесу треба привертати увагу дослідників. Системи штучного інтелекту можуть вирішувати поставлені задачі, але ставити їх – це все ще привілей людини. Наприклад, менеджери проекту розробки програмного забезпечення приділяють величезну увагу до цілей і місії цього проекту, для чого по декілька місяців можуть спілкуватися із замовником і його командою. Дуже важливо мати максимально чітку картинку того, що потрібно отримати і для чого, та доступно її пояснити усьому штату розробки, адже саме цією картинкою вони будуть керуватися майже на кожному етапі прийняття тих чи інших рішень.

Часто на практиці буває так, що при відсутності подібного підходу, розробники виконають завдання, але воно виявиться марним через когнітивні непорозуміння із замовником, або через раптову зміну бажань у замовника.

На прикладі підбору працівника на аутстаф таким етапом також можна вважати створення ідеального кандидата, якого врешті хотіли би знайти роботодавці в конкретному випадку.

Другим етапом є вивчення соціально-економічного процесу відносно поставленої мети. Також сюди можна віднести визначення властивих

досліджуваній ситуації вимог, умов і обмежень.

Наступний важливий етап - це збір, систематизація, аналіз існуючої статистичної та якісної інформації з проблеми. Джерелами для знаходження є зазвичай публічні платформи, Інтернет, наукові публікації, досвід працівників, досвід інших компаній, аналіз перевірених та новітніх рішень із пошуку кандидатів, методологій відбору тощо. Наприклад, на етапі відбору застосовуються поширені універсальні підходи та способи для оцінки персоналу, такі як тестування, інтерв'ю, огляд резюме, а надалі кожна фірма вже сама вирішує, які спеціалізовані інструменти хоче використовувати для відбору.

Четвертий етап – виділення основних характеристичних ознак досліджуваного процесу і взаємозв'язків між ними, виокремлення найважливіших та найвпливовіших факторів експертною групою. Виділення основних соціальних суб'єктів, пов'язаних з ситуацією також відіграє важливу роль, врахування їх суб'єктивних інтересів у розвитку даної ситуації дозволить визначити можливі зміни в об'єктивному розвитку ситуації, виділити чинники, на які реально можуть впливати суб'єкти ситуації. Наприклад, у задачі визначення найкращих претендентів на аутсорс вагому частку впливу на результат можуть мати експерти, які проводили професійне інтерв'ю та співбесіду для визначення soft skills (комунікативні здібності, управління часом, колективна співпраця, стресостійкість та риси лідерства), а також співробітники, які можуть поручитися своєю репутацією за якість претендента.

Наступним логічним кроком є побудова когнітивної (графової) моделі проблемної ситуації. Формально когнітивна модель ситуації може бути, як і когнітивна карта, представлена графом, проте кожна дуга в цьому графі представляє вже якусь функціональну залежність між відповідними базовими факторами. Таким чином когнітивна модель ситуації представляється функціональним графом.

Для побудови графової моделі використовуються фактори, що

характеризують проблемну ситуацію. Вони мають бути виділені експертами та менеджерами проекту, на четвертому етапі когнітивного аналізу як найсуттєвіші. Це називається виділенням в сукупності базисних факторів цільових факторів. Наприклад, у задачі пошуку найкращого кандидата-програміста у аутсорс можна сформулювати такі фактори:

- наявність резюме із переліком необхідних знань і навичок;
- наявність підтвердження цих знань за допомогою внутрішніх індивідуальних тестів компанії, яка шукає кандидатів;
- наявність підтверджень про закінчене навчання у вищому навчальному закладі, необхідного ступеню;
- наявність досвіду і навичок по цій або схожій вакансії;
- необхідність у роботі;
- наявність задовільних відгуків від інших робітників;
- врахування рейтингу довіри рекоменданта;
- наявність задовільних відгуків на інших місцях роботи, його власний імідж;
- врахування аналізу живої співбесіди;
- врахування висновку від HR, тощо.

Ваги чинників доцільно регулювати самим роботодавцям та менеджерам при створенні вакансії.

Визначаються також додаткові фактори, що впливають на цільові фактори. Якщо ці фактори можуть бути сильними важелями впливу на ситуацію, то вони теж будуть внесені в модель. Наприклад, при вирішенні проблеми покращення підбору персоналу у аутстаф можна додати такі фактори, як "Кількість безробітних у регіоні", "Фінансовий стан регіону" (може пояснювати зарплатню, вказану кандидатом у резюме та орієнтуватися на ті регіони, які більше підходять по цьому параметру), "Кількість незадовільних відгуків", "Рейтинг вищого навчального закладу кандидата" та ін.

Фактори можуть групуватися по блокам. Об'єднуються в один блок ті з них, що характеризують окрему сферу завдання і визначають взаємозв'язки в цій сфері. Тут можливі різні варіанти залежно від специфіки задачі, цілей, кількості суб'єктів ситуації і т. ін. Наприклад, у випадку підбору розробників, можна виділити блок професійних факторів і блок соціальних факторів, при чому для кожного із них вказати власний коефіцієнт впливу.

Можна також виставити виведені показники у порядку більшого впливу: зміна тих, що розташовані спочатку може повністю змінити загальну картину, що моделюється. Це можна виконати і навпаки: додати до факторів більше тих, які характеризують тенденції і процеси в цій сфері більш детально. Однак сильно переобтяжувати когнітивний апарат теж не потрібно адже це може призвести до втрати прозорості, та до непередбачуваної складності системи. Також ще раз варто наголосити, що всі ці методи, що описані тут, використовуються не послідовно, а враховуючи конкретну ситуацію і можливості.

Визначення зв'язків і взаємозв'язків між факторами і блоками факторів є наступним важливим кроком при моделюванні процесу і побудові когнітивної карти. Цей крок дозволяє визначити основні напрямки впливу факторів між собою та факторів різних блоків один на одного (позитивний або негативний вплив) та вагу цих впливів.

Визначення безпосередніх зв'язків факторів всередині блоку є достатньо складною задачею, яка покладається на експертів та досвідчених працівників у сфері розробки та у самому проєкті. По-перше, це визначення напрямку впливів факторів один на одного (вказується напрямом на ребрах графа, тому він і називається орієнтованим) і взаємовпливів між факторами (двосторонній орієнтований граф).

Для кращого опису зв'язків можна використати визначення сили впливу і взаємовпливу блоків факторів якісними характеристиками (слабко, сильно) представленими лінгвістичними змінними.

3.2 Функціональна модель

Функціональну модель можна представити завдяки методології IDEF0 (SADT). Вона дозволяє створити опис системи та її зовнішнього оточення до визначення остаточних вимог до неї. Модель в нотації IDEF0 являє собою сукупність ієрархічно впорядкованих і взаємопов'язаних діаграм. Дані діаграми дозволили створити опис системи та її зовнішнього оточення до визначення остаточних вимог до неї [24]. Іншими словами, за допомогою цієї методології поступово вибудовувалася і аналізувалася система до моменту, коли уявити її втілення стало можливим. Наприклад, для задачі визначення чи підходить кандидат на позицію Java Junior Developer було створено контекстну діаграму та ряд діаграм декомпозиції.

Контекстна діаграма, будучи вершиною деревовидної структури діаграм, показала призначення системи і її взаємодію із зовнішнім середовищем. У кожній моделі може бути тільки одна контекстна діаграма.

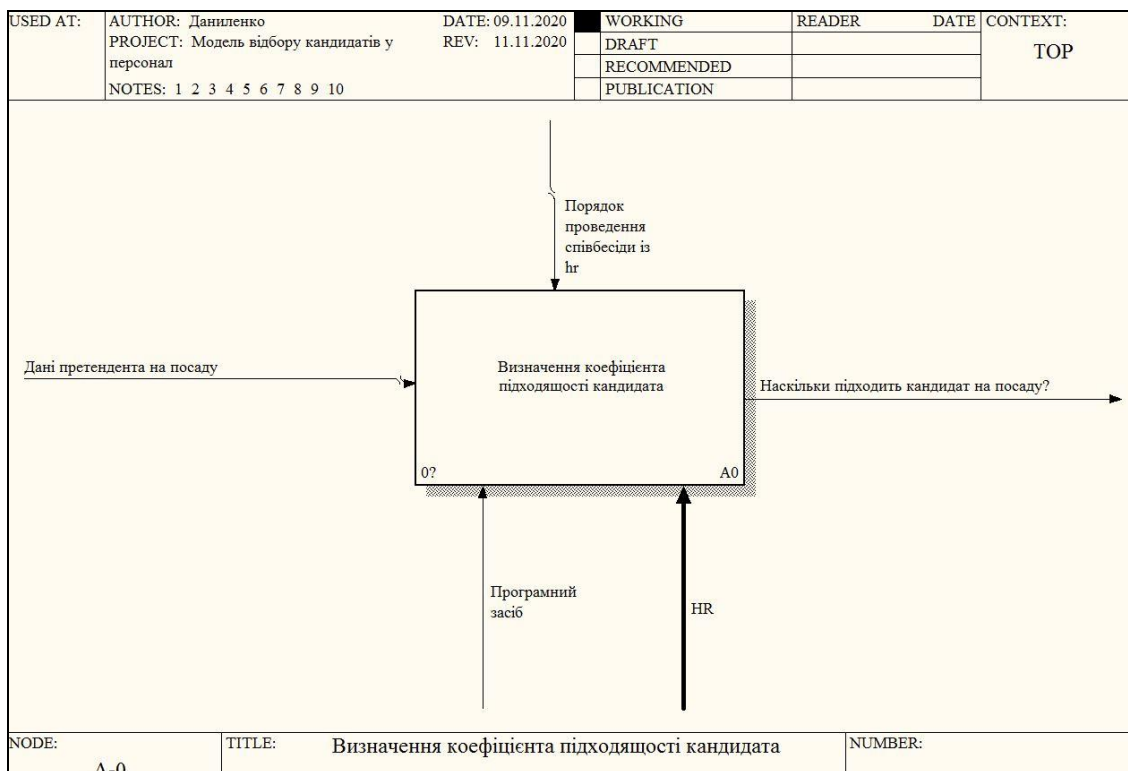


Рисунок 3.1 – Контекстна діаграма відбору кандидата

Після опису основної функції була виконана функціональна декомпозиція, тобто визначаються функції, з яких складається основна (ДОДАТОК В).

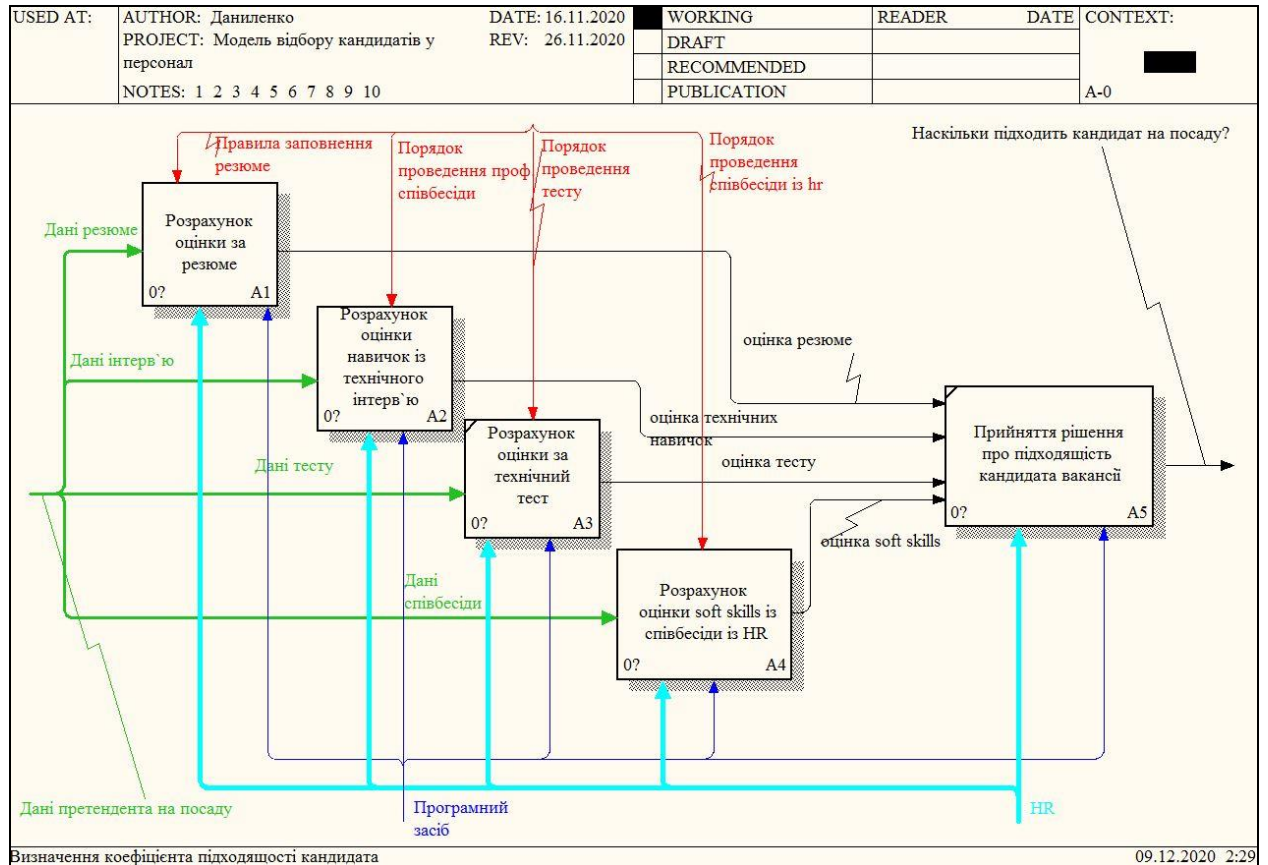


Рисунок 3.2 – Діаграма декомпозиції контекстної діаграми

Далі виконується декомпозиція всіх необхідних блоків дочірніми діаграмами до досягнення прозорого рівня деталізації досліджуваної системи. Після кожного сеансу декомпозиції проводяться сеанси експертизи на відповідність реальних процесів створеним діаграмам. Знайдені невідповідності усувалися.

Для декомпозиції блоків базової моделі використовуються фактори, що характеризують проблемну ситуацію. Вони мають бути виділені експертами та менеджерами проекту, на четвертому етапі когнітивного аналізу та поділені за типом впливу одне на одного. Це називається виділенням в

сукупності базисних факторів цільових, керуючих, проміжних та вхідних факторів.

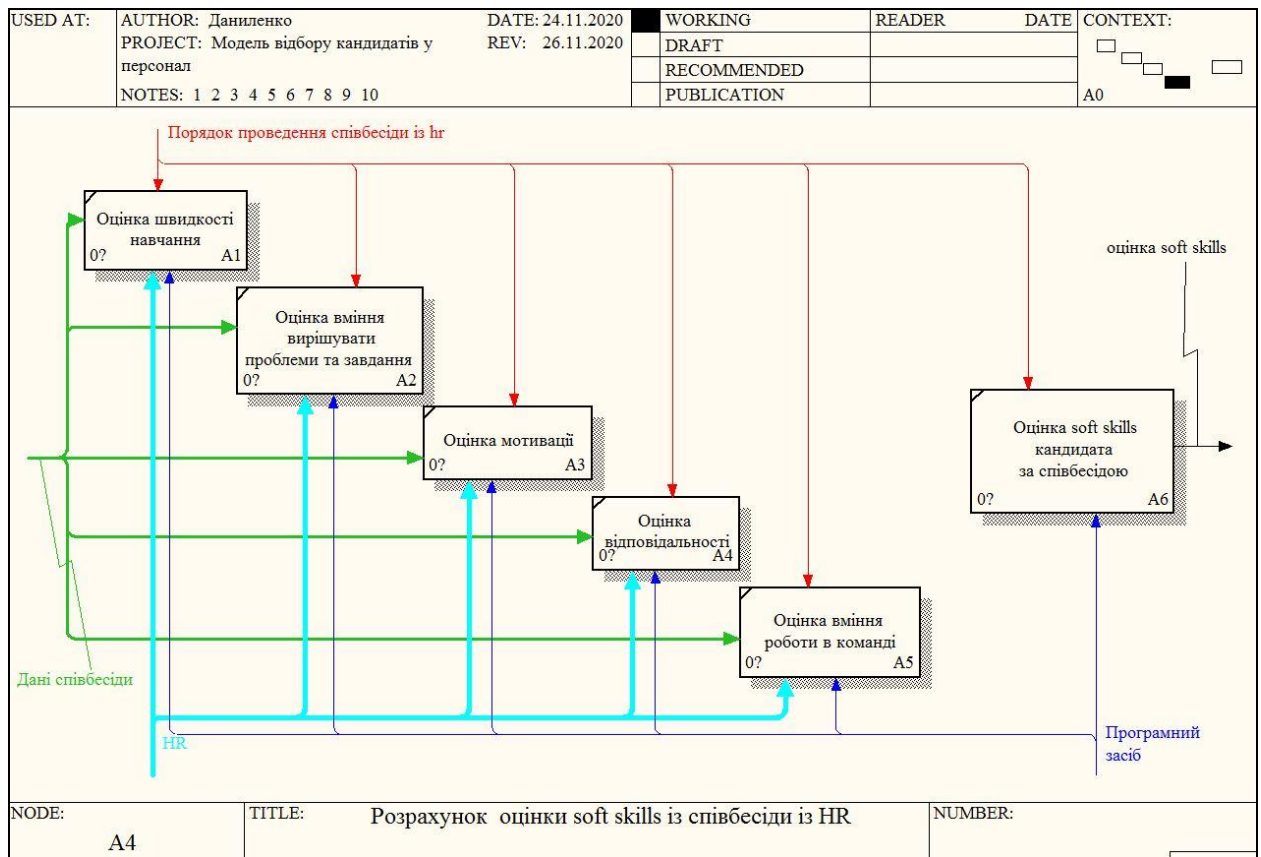


Рисунок 3.3 – Декомпозиція блоку базової моделі

Наприклад, у задачі відбору найкращого кандидата-програміста за оцінкою резюме можна сформулювати такі керуючі критерії: досвід роботи, рівень освіти, професійні навички, грамотність зіставлення резюме, необхідність у цій посаді.

Із досліджень відомих психологів (Krusе) відомо, що людина із посередніми здібностями взмозі одночасно зберігати в пам'яті до семи характеристик об'єкта, і з цієї причини для опису будь-якого критерію використовується не більше, ніж 5-7 інформаційних гранул. Це правило доречне як у контексті вибору кількості критеріїв оцінки так і у контексті вибору кількості значень лінгвістичної змінної. У той же час досвід з

моделювання реальних систем доводить, що практично завжди є деякий поріг точності, перевищення якого не дає особливої користі. Виникнення подібних ситуацій пов'язано з певними парадоксами, що мають місце в складних системах (існування хаосу), тому немає сенсу створювати дуже велику кількість вузлів у графі.

Ваги чинників доцільно регулювати самим роботодавцям та менеджерам при створенні вакансії.

Визначаються також додаткові фактори, що впливають на цільові фактори. Якщо ці фактори можуть бути сильними важелями впливу на ситуацію, то вони теж будуть внесені в модель.

Далі слід створити математичну модель системи, що розробляється.

3.3 Базова математична модель

Як система може складатися із сукупності підсистем, враховуючи їх зв'язки та впливи зовнішнього середовища, так і математична модель системи може складатися із різних типів математичних моделей підсистем. Для опису зв'язку між компонентами системи використовуються вагові коефіцієнти. У випадку розробки програмного забезпечення для визначення того, наскільки підходить кандидат на посаду, для системи і підсистем буде використовуватися одна модель через те, що алгоритм подібний у кожному блоці, лише лінгвістичні змінні та ваги зв'язків будуть відрізнятися.

В завданні відбору кандидата на посаду потрібно створити механізм інтелектуальної підтримки прийняття рішення про те, чи підходить кандидат і наскільки він підходить. У роботі [25] висвітлюються основні переваги опису подібного дерева вибору за допомогою нечітких когнітивних карт у порівнянні з іншими методами.

Нечітка когнітивна карта – це граф, який можна описати відношенням $FCM = (K, W)$, де FCM – власне нечітка карта, K - безліч концептів карти, $W = w_{ij}$ – це матриця суміжності, що показує взаємний вплив концептів один на

одного $w_{ij} \in [-1; 1]$.

Нечітка причинна алгебра, покладена в основу моделювання за допомогою нечітких когнітивних карт, дозволяє обробляти нечітку суб'єктивну вхідну інформацію за допомогою точних методів, при цьому отримуючи нечітку вихідну інформацію.

Концепти (фактори) у наведеній НКК (рисунок 3.3) можна поділити на такі:

- цільові або основні концепти, значення яких грають найважливішу роль для вирішення завдання, і які потрібно звести до однозначного цільового стану мовою суб'єктивних понять (Наскільки підходить кандидат на посаду за результатами тесту? – «Не підходить», або «Підходить», або «Слабко підходить», або «Середньо підходить»);

- фактори керування, від значення яких залежать цільові (мають найбільший вплив на цільовий концепт, наприклад, це наявність необхідних навичок, знань, їх підтвердження);

- вхідні концепти, на значення яких впливають зовнішні чинники, що не відображені в моделі (оцінка креативності, критичного мислення і т. ін.);

- проміжні фактори, значення яких визначається зміною значень інших факторів, та які у свою чергу впливають на фактори керування (зовнішній фактор темпераменту впливає на проміжний фактор конфліктності, який в свою чергу впливає на один із керуючих факторів «оцінка роботи в команді»).

Подібна система нечіткого логічного висновку має бути здатна встановлювати складні нелінійні залежності між вхідними та вихідними змінними.

Вхідні концепти задаються значеннями лінгвістичних змінних або кількісно і можуть бути формалізовані із застосуванням теорії нечітких множин. Проміжні, керуючі та цільові концепти визначаються за допомогою бази правил через значення лінгвістичних змінних. Кожна лінгвістична змінна складається з: $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, де β – назва лінгвістичної змінної; T –

множина її значень (термів); X – універсум нечітких змінних; G – синтаксична процедура утворення нових термів; M – семантична процедура, що формує нечіткі множини для кожної терми даної лінгвістичної змінної і ставить у відповідність нечітку підмножину множини X . Ваги задаються у проміжку $[-1;1]$ Позитивне значення вказує на позитивний причинно-наслідковий зв'язок між двома факторами, від'ємне значення - на негативний, нульове значення показує на відсутність зв'язків між розглянутими факторами. Даний спосіб зручний для машинного уявлення структури системи. Характеристикою даної нечіткої множини виступає функція приналежності. Існує понад десяток типових форм кривих для завдання функцій приналежності. Найбільшого поширення набули: трикутна, трапецеїдальна функції та функція приналежності Гауса.

Математичне подання сформульованої задачі може бути представлене в такий спосіб: кожна нечітка когнітивна карта основної задачі та підзадач визначається кортежем із таких факторів як $\{N, E, F\}$:

1. $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ – сукупність концептів (основних понять), які формують вузли графа.
2. $E: (N_i, N_j) \rightarrow e_{ij}$ - функція, що зіставляє значення e_{ij} парі понять (N_i, N_j) , де e_{ij} - вага ребра, яке спрямоване з N_i в N_j , якщо $i \neq j$, та $e_{ij} = 0$, якщо $i = j$. Іншими словами, $E(N \cdot N) = (\text{sign } e_{ij}) e_{ij}$ - це матриця зв'язків, де $\text{sign } e_{ij}$ - позитивний чи негативний знак впливу ваги. Значення ваг на основній діагоналі матриці мають дорівнювати нулю, через те, що зміна стану концепту не може вплинути на самого себе.
3. $F: N_i \rightarrow N_j$ - функція, яка в залежності від значення концепту N_i розраховує значення концепту N_j .

Саму систему можна описати у вигляді кортежу $SM = \{\{G\{N, E, F\}\}, \text{PROG}\}$, де $\{G\{N, E, F\}\}$ – функціональні графи діаграми декомпозиції системи, що складаються із концептів-вершин, ваг та знаку впливу зв'язків, $\{\text{Exp}\}$ – це експерти, що перед початком обчислень вносять суб'єктивні оцінки вхідних концептів, PROG – програмний продукт реалізації вирішення

завдання відбору кандидата.

Після створення НКК вибираються методи її аналізу – через те, що фактори нечіткої карти не змінюються з часом, є доречним використовувати статичний, а не динамічний аналіз.

Для статичного аналізу функціональний граф представляється у матричній формі, наприклад, причинно-наслідкові зв'язки когнітивної карти відбору кандидата можуть бути представлені у вигляді матриці суміжності. На її основі можна проаналізувати міру центральності концепту, консонанс, дисонанс, отримати інформацію про прямі та непрямі причинно-наслідкові зв'язки.

В якості правил відбору застосовуються нечіткі правила виду «ЯКЩО ... Є ... І ... Є ... ТО ... Є ...». Крім зв'язки «І» також використовуються логічна зв'язка «АБО», але вона може суттєво ускладнити правило, тому прийнято її уникати. Це означає, що поведінка нечіткої когнітивної карти залежить від початкового стану вхідних концептів та від структури матриці причинних зв'язків когнітивної карти.

3.3.1 Алгоритм математичної моделі

Інформація, яка потраплятиме до системи має бути точнішою за суб'єктивні незліченні поняття (менш гранульованою). Гранулювання інформації можна визначити за допомогою ширини гранули (функції приналежності). Так гранула «середньо» може мати різну ширину, що буде залежати від загальної кількості використовуваних людиною гранул. Зі зменшенням ступеня гранулювання значення буде наближуватися до точки (гранули нескінченно малої ширини), яка і відповідатиме точно заданій інформації, і вже у такому вигляді нею зможуть оперувати традиційні математичні методи. Таке підлаштування рівня гранулювання виконується експертом, який і встановлює основні правила.

Експертами створюється нечітка база правил взаємодії концептів між

собою, далі завдяки графічному представленню наявних значень в системі, розглядаються шляхи між концептами. Загальний ефект впливу концепту на концепт буде сумою всіх непрямих ефектів впливу першого на другий. Отже, якщо два концепти з'єднає всього один шлях, то загальний ефект впливу першого на другий буде зведений до непрямого ефекту впливу між цими двома.

Знаходження непрямого та загального ефекту пов'язано з операціями множення і складання дійсних чисел з предметної області. Згідно із загальною теорією впливу подібних ефектів, непрямий ефект шляху між двома концептами негативний, якщо число негативних причинних дуг в шляху непарне. Відповідно, ефект буде позитивний, якщо число негативних причинних дуг в шляху парне. Загальний ефект впливу негативний, якщо всі непрямі ефекти впливу негативні, та позитивний, якщо всі вони позитивні, і невизначений в іншому випадку. Отже, невизначеність може домінувати в цій схемі.

Невизначеність може бути знята внаслідок використання ваг. Якщо причинні дуги мають позитивні або негативні ваги w_{ij} , тоді непрямий ефект впливу є добутком відповідних ваг, а загальний ефект – сумою добутків за всіма шляхами, що зв'язують два розглянутих концепти. Ця схема прибирає невизначеність і дозволяє оцінити взаємний вплив всіх концептів один на одного. В нечіткій когнітивній алгебрі множенню ставиться у відповідність операція мінімуму, а сумі – максимуму. Отже, непрямий ефект в ній дорівнюватиме найслабшому причинному зв'язку в мережі, а загальний ефект - найсильнішому з найбільш слабких зв'язків в мережі.

Для з'ясування значень цільових, керуючих та проміжних критеріїв пропонується використовувати один із алгоритмів визначення нечіткого висновку за допомогою нечіткої логіки.

Незалежно від вибору алгоритму (Мамдані, Цукамото або Ларсена) описується послідовність етапів розрахунків. Ці етапи можна загалом розділити на фазифікацію, агрегацію, активацію, акумуляцію та

дефазифікацію. При цьому кожний наступний етап отримує на вхід значення отримані на попередньому кроці.



Рисунок 3.4 – Алгоритм отримання нечіткого висновку

Перший етап - фазифікація – це процес, при якому за допомогою функцій приналежності, визначається їх ступінь належності до кожного з термів лінгвістичної змінної. На цьому кроці фазифікатор формує на виході безліч нечітких множин (для кожного вхідного числового вектора своя нечітка множина) відповідно до значень параметрів на вході.

Другий етап - агрегація – це процес, який по часткових висновках дозволяє визначити істинність лінгвістичного правила. Агрегація виконується методом мінімуму

Етапи Активація та акумуляція – визначення узагальненого ступеню відповідності вихідного сигналу певному лінгвістичному терму та

формування результуючої функції належності, що характеризує вихідне значення системи для поточних значень входів.

Етап дефазифікації в системах нечіткого висновку є процесом знаходження значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини. Мета дефазифікації полягає в тому, щоб, використовуючи результати акумуляції всіх вихідних лінгвістичних змінних, отримати звичайне кількісне значення кожної з вихідних змінних. Але в нашій системі цей етап не обов'язковий, адже отримання нечіткої відповіді схоже із тим, як в реальних процесах відбору менеджерами робляться суб'єктивні висновки про те, наскільки кандидат відповідає посаді.

Аналіз критеріїв побудованої когнітивної карти може допомогти відредагувати її таким чином, щоб зробити більш наочною, залишивши лише критерії, які мають найбільшу вагу, і найсильніший вплив на цільові фактори.

Наприклад, можна оцінити складність самої карти, розрахувати її щільність D (ступінь зв'язності):

$$D = \frac{c}{N(N-1)} \quad (3.1)$$

де D – це коефіцієнт, що показує ступінь зв'язності карти;

C – загальне число зв'язків в когнітивній карті;

N – загальне число змінних (критеріїв) в когнітивній карті.

Висока щільність карти свідчить про наявність великої кількості причинних зв'язків між змінними. Чим більше їх в карті, тим більше існує можливостей для зміни ситуації, тим складнішою вона стає.

Основними результатами когнітивного аналізу є визначення консонансу, дисонансу, позитивного і негативного впливу концептів один на одного і на систему загалом. Консонансом називається показник:

$$C = \frac{|a+b|}{|a|+|b|} \quad (3.2)$$

де (a, b) – пара зв'язків у когнітивній матриці, а впливом називається показник:

$$p = \text{sign}(a + b) \max(|a|, |b|), \quad a \neq -b \quad (3.3)$$

Дисонанс визначається відносно консонансу: $d = 1 - C$.

У цьому випадку консонанс – функція позитивного і негативного впливу концепту на концепт, а показник впливу – максимуму позитивного чи негативного впливу. Що вищий консонанс, то переконливіша думка про знак впливу.

3.4 Опис алгоритму методу

По-перше, необхідно чітко визначити якого спеціаліста та на яку посаду потрібно відібрати. Експерти мають виділити найголовніші компетенції та вимоги до вакансії, сформувати базовий психологічний портрет. Це можна виконати за допомогою державної рамки компетенцій, що є лише рекомендацією, бо дана робота не ставить за мету обмежувати виконавців спеціальними методиками, а навпаки пропонує гнучкість без прив'язки до них.

На наступному кроці виконавці із відділу кадрів мають домовитися про те, скільки усього заходів та які саме будуть використовуватися для оцінювання найсуттєвіших із компетенцій. Менеджери з керування персоналом мають виділити для кожного із заходів усі критерії, які можуть допомогти у визначенні найкращого претендента. Це можна виконати спираючись на карту компетенцій підприємства (якщо така є в наявності) або на класичні методи оцінки відділом HR (наприклад, вміння вирішувати

проблеми, креативність та уважність обов'язково мають бути у характеристиці претендента).

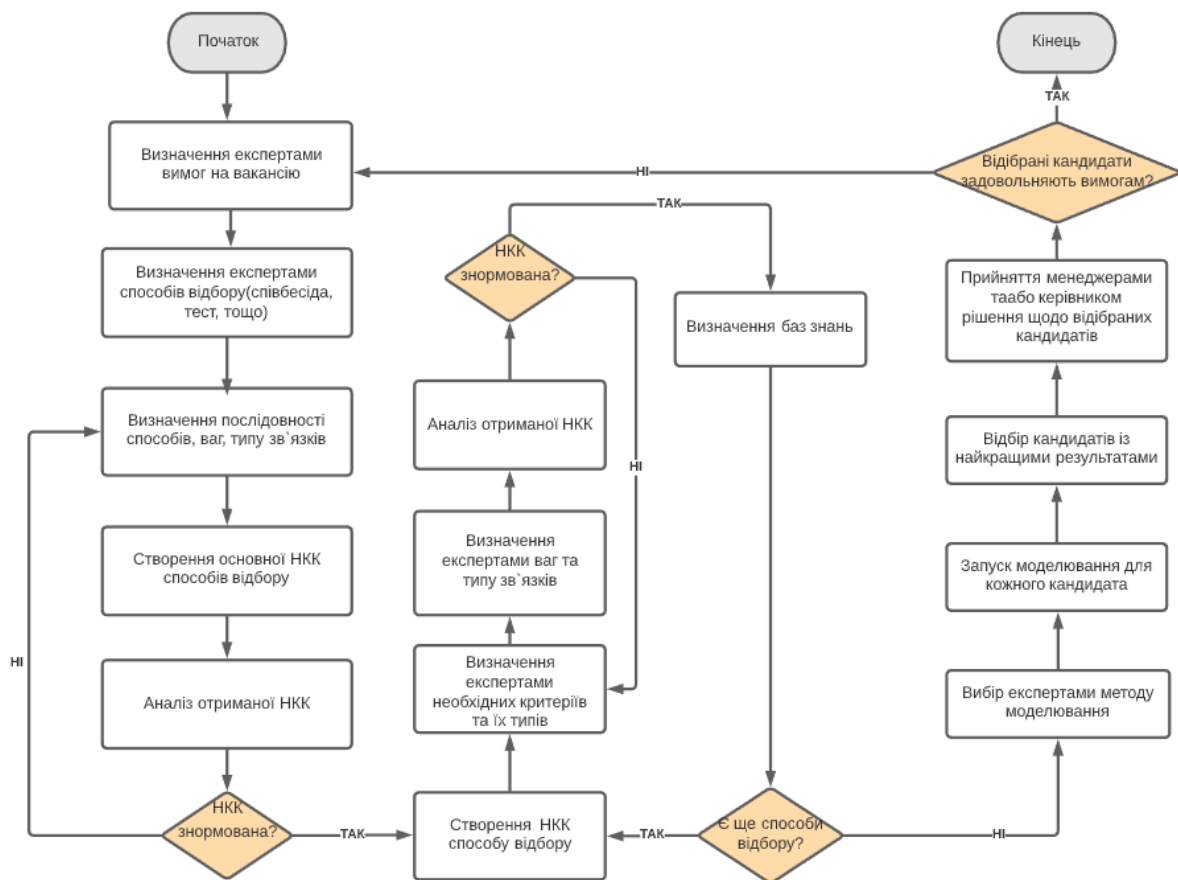


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму використання методу НКК для відбору персоналу

Виділені критерії слід розділити на цільові, керуючі, проміжні та вхідні. Як вже було зазначено у цій роботі, кількість цільових факторів та факторів керування має не перевищувати 5-7 штук. Цей крок полегшить процес встановлення типу зв'язків між критеріями та їх вагу. Проміжних та вхідних критеріїв може бути багато, бо, наприклад, професійні рекрутери під час проведення співбесіди оцінюють не тільки відповіді на питання, а й невербальні сигнали, за якими можна прочитати ступінь щирості кандидата.

Аналіз критеріїв допоможе скоригувати їх таким чином, щоб когнітивна карта стала більш наочною, залишивши лише ті фактори, які

мають найбільшу вагу, і найсильніший вплив на прийняття рішення. На цьому кроці визначається складність карти (щільність), консонанс, дисонанс.

Щоб отримати достатньо визначений результат при оцінці кандидата наступним кроком необхідно створити зрозумілу базу правил оцінки компетенції, розписавши, які фактори та як саме на неї впливатимуть. Таким чином можна зменшити суб'єктивність у відборі.

Етап дефазифікації використовуватися не буде, бо у ньому немає необхідності. Варто зазначити, що остаточне рішення про прийом на роботу залишається за фахівцями HR-служби та керівником.

3.5 Приклад використання алгоритму

Для перевірки та наглядності алгоритму методу візьмемо уявну задачу визначити чи підходить кандидат на вакансію Java Junior Developer.

За описаним вище алгоритмом, перше, що треба зробити - це визначити основні вимоги.

Нехай, у фірму необхідний Java Junior Developer. За описаним вище алгоритмом, перше, що треба зробити - це визначити основні вимоги.

Таблиця 3.1 – Професійні вимоги до кандидатів

Вимога	Опис необхідних критеріїв
Освіта	Повна вища освіта (бакалавр)
	спеціальність - комп'ютерна або програмна інженерія
	ВНЗ - ХНУРЕ
Практичні навички	Досвід роботи із n фреймворків
	Досвід роботи з БД (MySQL)
	Досвід роботи із сервлетами, jsp, Tomcat

Продовження таблиці 3.1

Теоретичні знання	Знання принципів ООР
	Знання п фреймворків
	Знання основних запитів до БД
	Знання Java Core та JavaEE
Рівень володіння англійською мовою	B1-C1
Досвід роботи, стажування, курсів за напрямом	1-2 роки

Таблиця 3.2 – Приклад Soft skills вимог до кандидатів

Навичка	Оцінка
Швидкість навчання	Середня-висока
Вміння вирішувати проблеми	Вище за середнє - високе
Мотивація	Висока
Конфліктність	Низька
Відповідальність	Вища за середню - висока
Комунікативність	Вища за середню
Необхідність у роботі	Середня
Впевненість	Нижче середнього
Лідерські якості	Нижче середнього
Опрятність	висока

На другому кроці слід домовитися про те, яким чином буде оцінюватися наявність необхідних у кандидаті вимог. Нехай, у даному випадку матимемо 4 блоки аналізу кандидата: аналіз резюме, проведення тесту на оцінку необхідних навичок, проведення професійного інтерв'ю та проведення співбесіди із представниками HR. У той же час прийняття остаточного рішення буде прийматися в залежності від результатів

розрахунку попередніх чотирьох блоків, типу та вазі їх взаємовпливу.

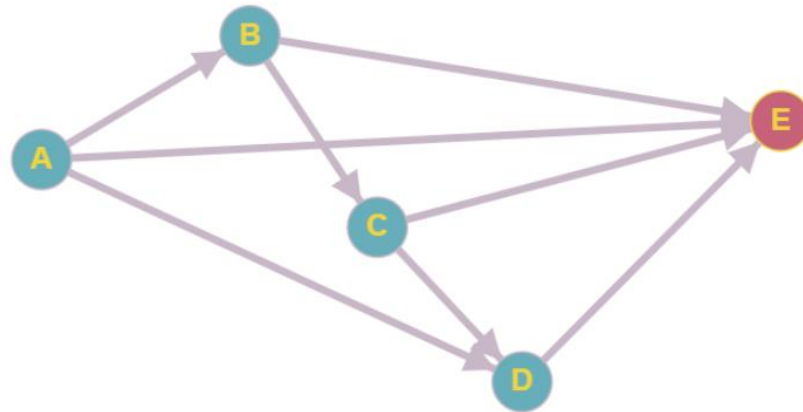


Рисунок 3.6 – Граф взаємозв'язків цільових блоків

Будемо вважати, що експерти домовилися про чотири цільових блоки для графу:

1. А – блок оцінки резюме;
2. В – блок тестування;
3. С – блок технічного інтерв'ю;
4. D – блок співбесіди з HR.

З аналізу взаємозв'язків у графі (рисунок 3.6) можна побачити, що блоки мають іти одне за одним у визначеній послідовності (A→B→C→D→E), а не, наприклад, виконуватися одночасно.

Наступним кроком треба виділити критерії, що впливають на висновок по кожному із блоків, а також розділити їх на цільові, керуючі, проміжні та вхідні. Як вже було зазначено у цій роботі, кількість цільових факторів та факторів керування має не перевищувати 5-7 штук. Наприклад, для оцінки soft skills кандидата за співбесідою розробимо схему взаємозв'язків основних факторів.

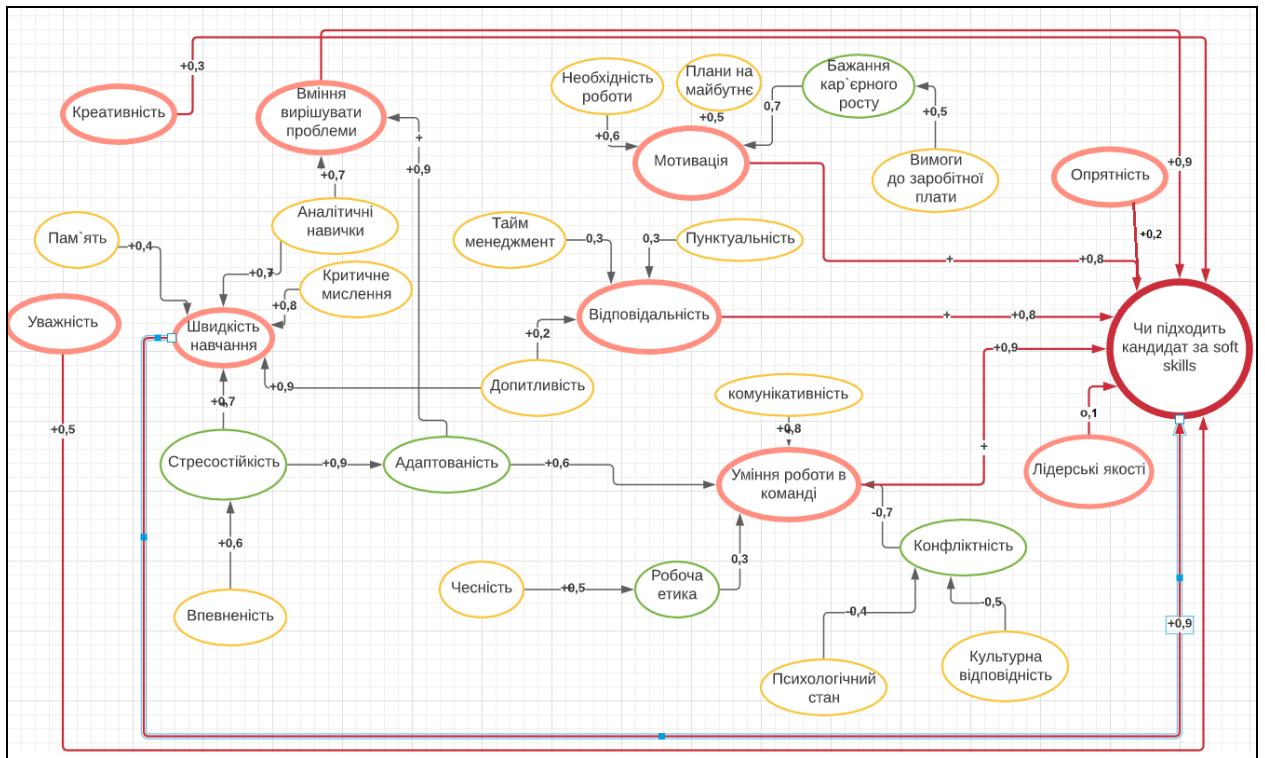


Рисунок 3.7 – Функціональний граф блоку оцінки кандидата за співбесідою

Характер взаємодії критеріїв представлений вагами та типом зв'язків за допомогою знаків '+' та '-'. Ваговий коефіцієнт над дугою встановлюється за правилом:

$$\begin{cases} \text{sign } w(e_{ij}) = [0,1;1], \text{ if збільшення } k1 \text{ зумовлює збільшення } k2; \\ \text{sign } w(e_{ij}) = [-1;-0,1], \text{ if зменшення } k1 \text{ зумовлює збільшення } k2; \\ \text{sign } w(e_{ij}) = 0, \text{ if між } k1 \text{ і } k2 \text{ немає зв'язку.} \end{cases} \quad (3.4)$$

Тепер можна провести аналіз отриманої когнітивної карти. Наприклад, ступінь зв'язності, або коефіцієнт складності графу можна визначити за формулою:

$$D = \frac{c}{N(N-1)} = \frac{32}{29(29-1)} = \frac{32}{812} = 0,039 \quad (3.5)$$

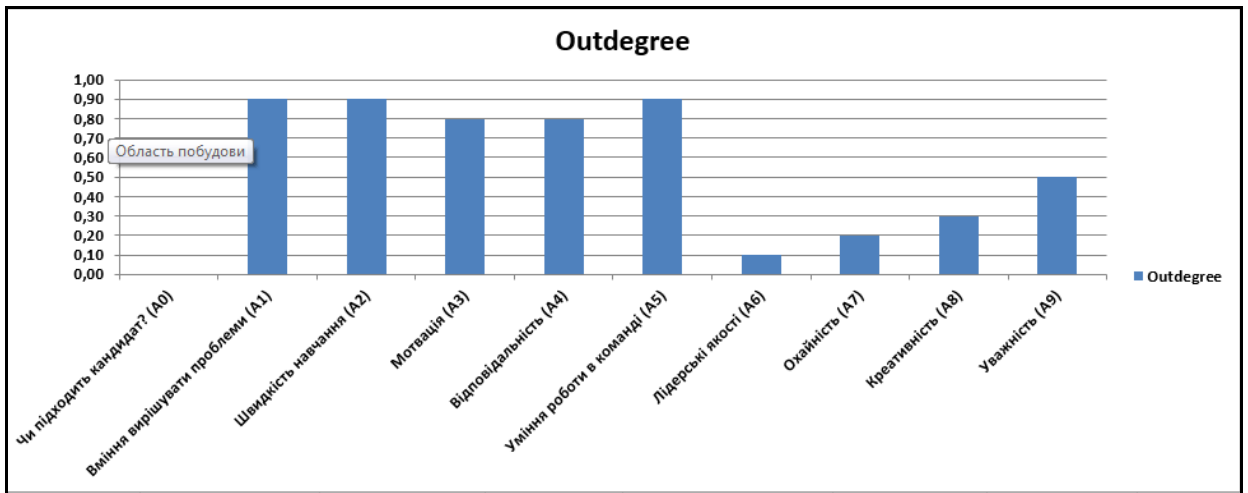


Рисунок 3.8 – Діаграма результатів аналізу НКК за outdegree

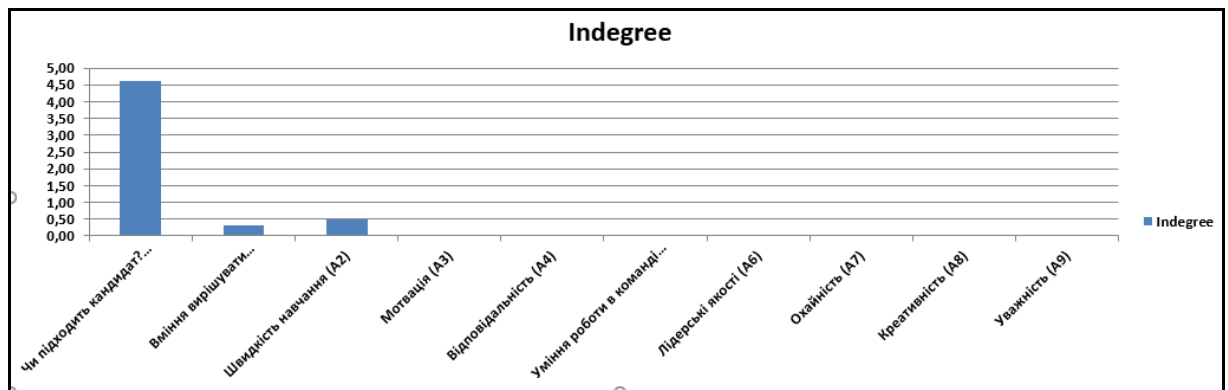


Рисунок 3.9 – Діаграма результатів аналізу НКК за Indegree

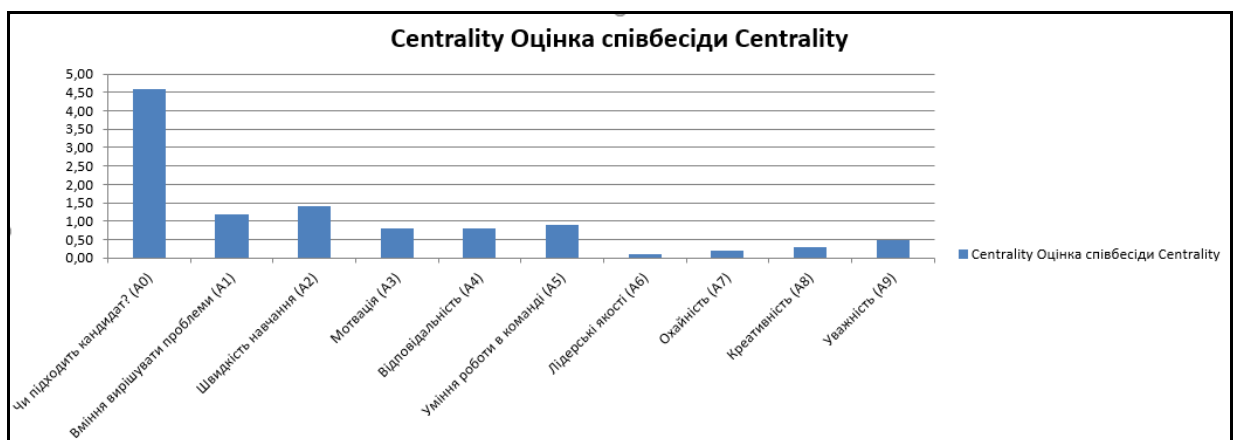


Рисунок 3.10 – Діаграма результатів аналізу НКК за Degree centrality

Діаграми аналізу усіх критеріїв можна знайти в Додатку В до цієї роботи.

Ступінь централізованості (Degree centrality) визначається як кількість направлених дуг, що падають на вузол (тобто кількість зв'язків, які має вузол). Вищенаведений граф є орієнтованим, тому визначаються дві окремі міри ступеня централізованості. Ступінь внутрішньої направленості (Indegree) - це підрахунок кількості зв'язків, спрямованих до вузла, а ступінь зовнішньої направленості (outdegree) - кількість дуг, які виходять із вузла. У таких випадках ступінь централізованості є сумою indegree та outdegree.

Провівши аналіз когнітивної карти можна побачити, що такі фактори як А6, А7, А8, А9 (Лідерські якості, охайність, креативність та уважність відповідно) мають низький рівень впливу на інші, тому їх можна прибрати із списку керуючих концептів. Після коригування когнітивна карта для оцінки співбесіди виглядатиме так:

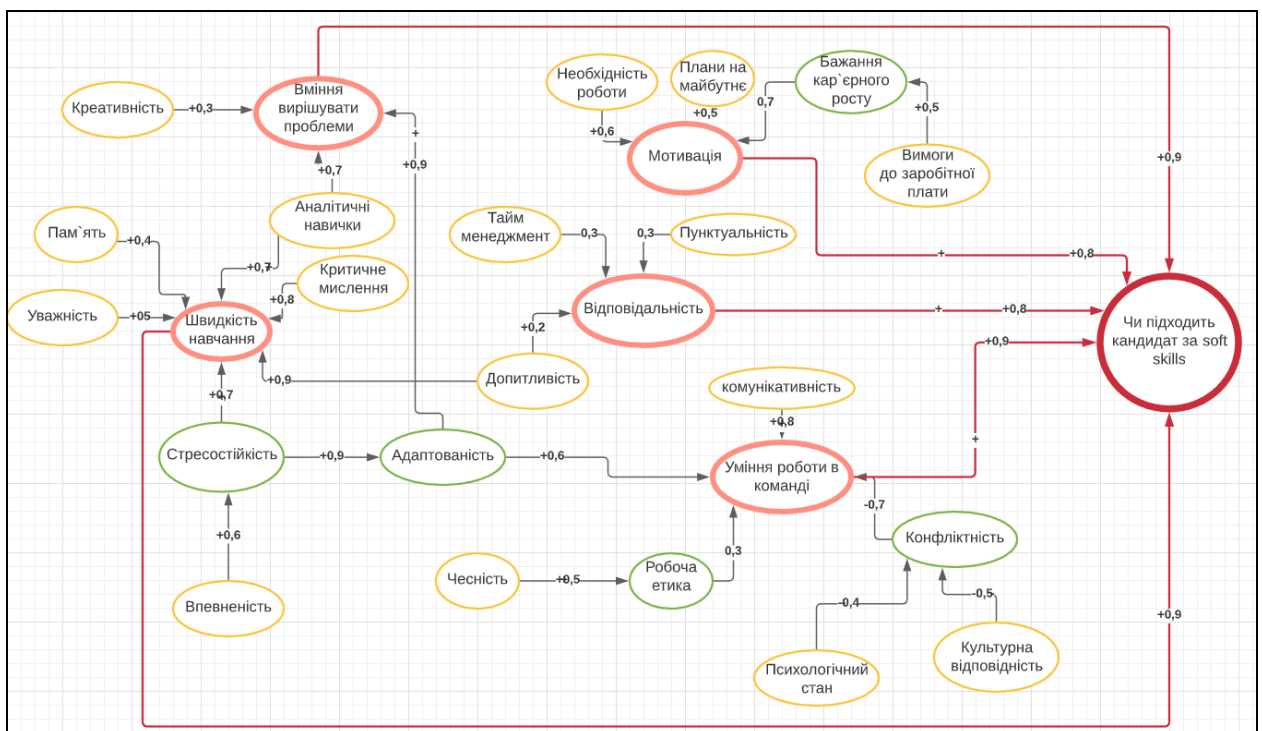


Рисунок 3.11 – Оновлений функціональний граф після аналізу НКК

Етап створення бази знань та моделювання процесу визначення відповіді буде описаний у наступному розділі.

3.6 Вибір алгоритму нечіткого виведення

Щоб виконати моделювання треба чітко розуміти який із алгоритмів нечіткого виведення краще використовувати. Розрізняють їх в основному за видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації.

Таблиця 3.4 – Порівняння алгоритмів моделювання

Алгоритм	Вхідне значення	Вихідне значення
Мамдані	Нечітке значення	Нечітке значення
Ларсена	Нечітке значення	Нечітке значення
Цукамото	Нечітке значення	Нечітке значення (монотонна функція належності)
Синглтона	Нечітке значення	Дійсне число
Сугено	Нечітке значення	Лінійна функція залежності від входу

Модель Мамдані є однією із найпопулярніших для використання. Особливістю даної моделі є те, що її правила логічного висновку в частині наслідків містять нечіткі значення (функції приналежності).

Модель Сугено, на відміну від моделі Мамдані, використовує такі правила, в яких вихідна змінна задається у вигляді функції від вхідних змінних (лінійна, квадратична і т. ін.).

Параметри моделі типу Мамдані змістовно легко інтерпретуються, в той час як модель типу Сугено забезпечує, як правило, більш високу точність.

Отже, можна зробити висновок, що під задачу відбору кандидата підійде один із методів Мамдані або Ларсена.

Перевагою методу Мамдані над усіма іншими є легка інтерпретація, тобто прозорість висновку для робітника, який не є експертом. При збалансованій кількості критеріїв когнітивної карти дає чіткіший результат ніж методи Сугено, Цукамото або Синглтон.

Метод Ларсена дуже схожий на метод Мамдані. Його перевагою є більш точний результат, якщо вхідні нечіткі множини немонотонні, але в задачах відбору персоналу виконання подібної умови є малоімовірним.

З огляду на вищевикладене, можна припустити, що під задачу відбору кандидата найкраще підійде метод Мамдані.

4 ТЕСТУВАННЯ

4.1 Реалізація методу на прикладі

Для реалізації процесу нечіткого моделювання було вирішено використовувати середовище MATLAB із пакетом Fuzzy Logic Toolbox.

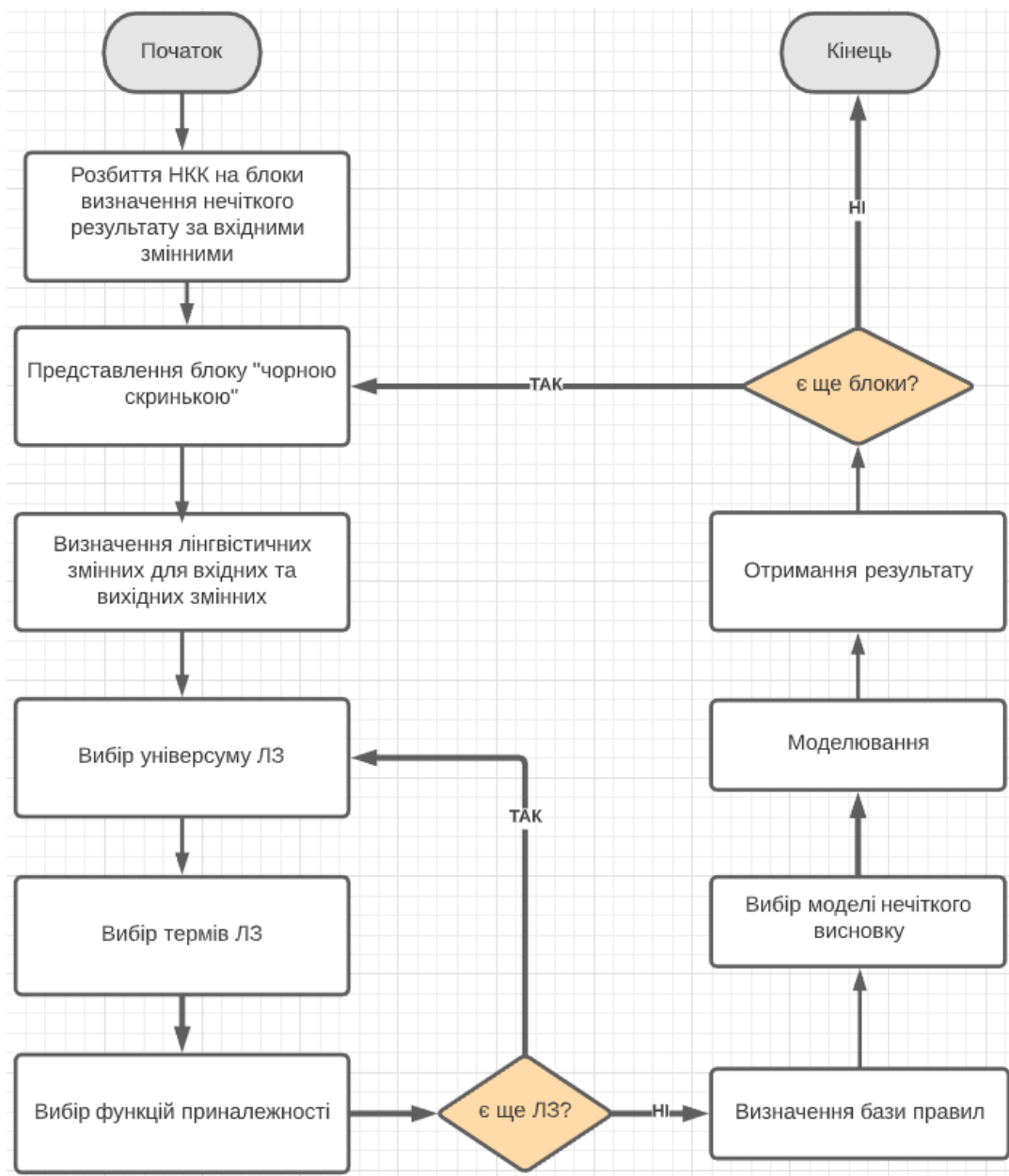


Рисунок 4.1 – Блок-схема нечіткого моделювання в НЧК

Синтез нечіткої моделі виконується за наступними етапами:

1. Представлення моделі у вигляді «чорної скриньки»: вхід-вихід.
2. Визначення вхідних та вихідних лінгвістичних змінних.
3. Визначення бази знань у вигляді множини нечітких правил.

Для прикладу, візьмемо частину когнітивної карти оцінки співбесіди претендента, в якій визначається один із найважливіших керуючих критеріїв «Швидкість навчання».

В прикладі буде використовуватися інформація від п'ятих вхідних змінних моделі – «Пам'ять», «Уважність», «Аналітичні навички», «Критичне мислення», «Допитливість». Вихідною змінною буде «Швидкість навчання». Кожній з цих змінних ставиться у відповідність лінгвістична змінна.

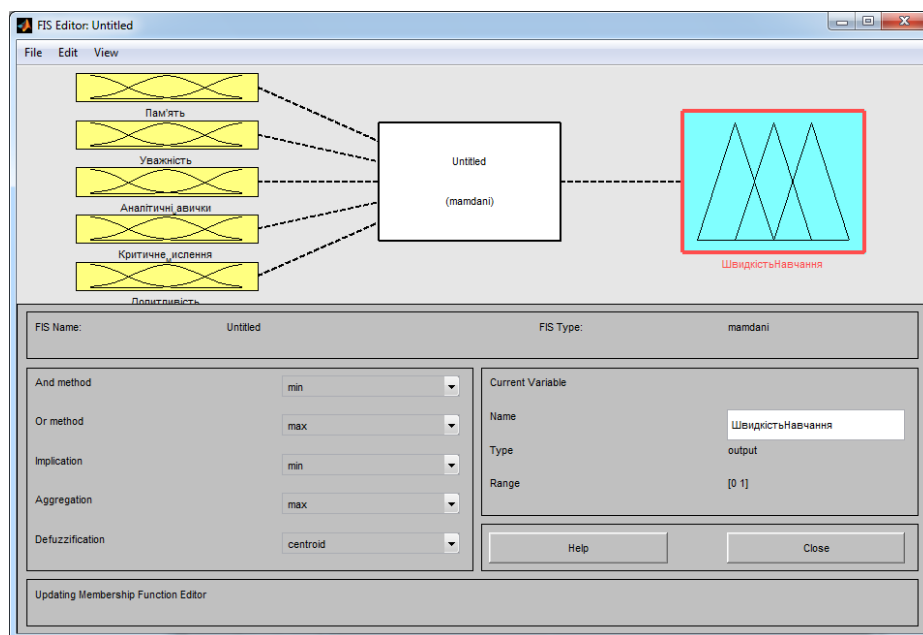


Рисунок 4.2 – Представлення моделі у вигляді «чорної скриньки»

Далі описуються усі характеристики лінгвістичних змінних: ім'я, універсум (множину можливих значень), терми та функцію приналежності. Ранжування значень для більшості змінних задається в області $[-1;1]$. Таким чином досягається однотипність подібних завдань, коли не треба витрачати час на те, щоб вигадувати різноманітні шкали балів.

Для введення термів необхідно визначити скільки та які лінгвістичні оцінки будуть застосовуватися. Кількість таких оцінок має бути не більше п'яти-семи.

Наступним кроком експерти мають визначити типи функцій, які будуть описувати функцію приналежності кожної оцінки.

Існує багато видів функцій приналежності, але в рамках даного завдання вистачить використання найпопулярніших із них. Наприклад, S-образні функції використовуються для подання таких нечітких множин, які характеризуються невизначеністю типу: «велика кількість», «велике значення», «високий рівень», «висока якість», тощо. Ось чому подібна функція може підійти для оцінки «сильна пам'ять».

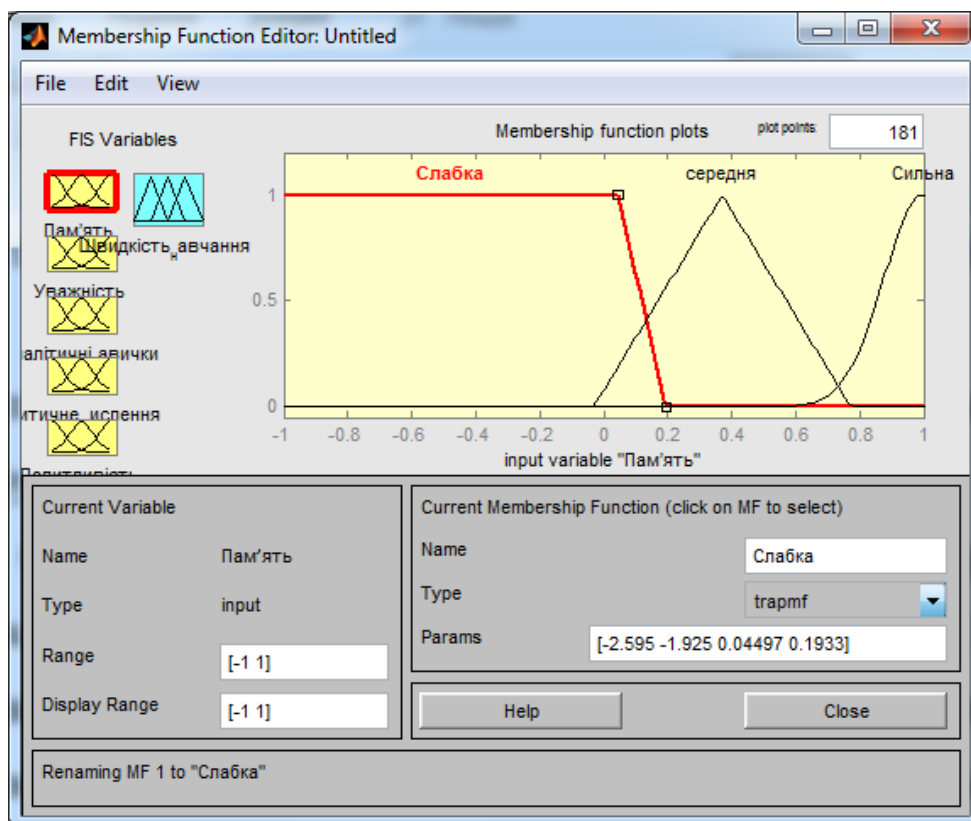


Рисунок 4.3 – Функція належності для оцінки «Слабка Пам'ять»

П-образна функція належності може бути задана як арифметичний добуток значень S-образної та Z-образної функцій приналежності.

У той же час «трикутна» і «трапецієвидна» функції приналежності можуть бути виражені через лінійні Z- і S-образні функції. Зокрема трикутна функція приналежності виходить як композиція лінійної Z-образної і лінійної S-образної функцій за такою формулою:

$$f_{\Delta}(x; a, b, c) = \min_{x \in X} \{f_1(x; a, b), f_2(x; b, c)\}, \quad (4.1)$$

де x – елемент деякої множини значень;

a, b, c - деякі числові параметри, які мають довільні значення і впорядковані за принципом $a \leq b \leq c$.

Так, наприклад, через лінійну Z-образну функцію можна виразити оцінку «слабка пам'ять».

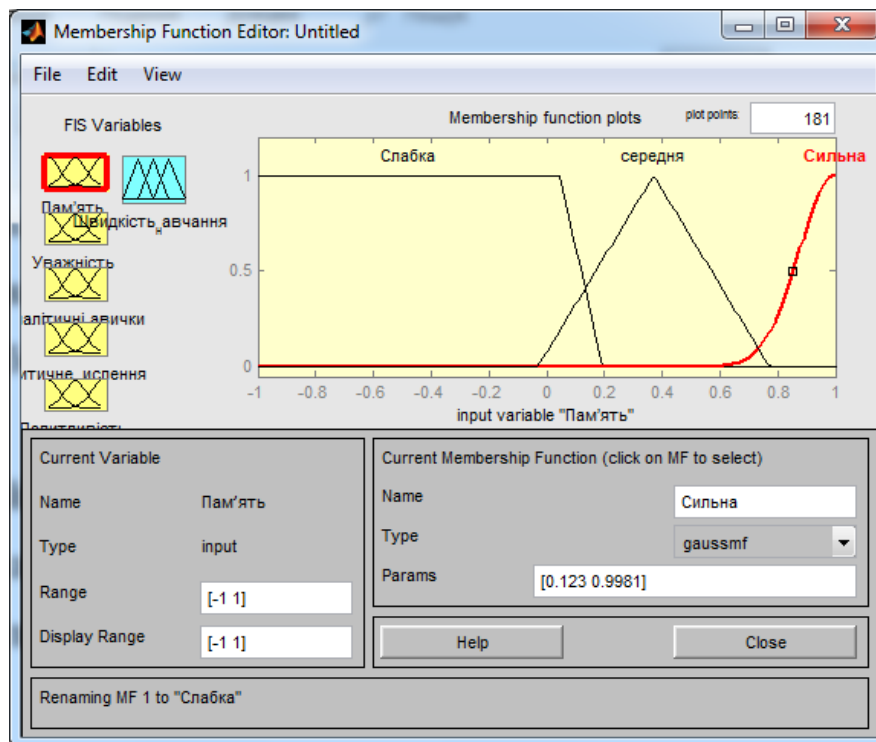


Рисунок 4.4 –функція приналежності Гаусса

Звичайні «трикутна» та «трапецієвидна» функції використовуються для задання таких властивостей множин, які характеризують невизначеність

типу: «приблизно дорівнює», «середнє значення», «розташування в інтервалі», «подібність», «схожість», тощо. Наприклад, за допомогою «трикутної функції» можна виразити оцінку «середня пам'ять». Таким саме способом задаються усі вхідні та вихідні лінгвістичні змінні.

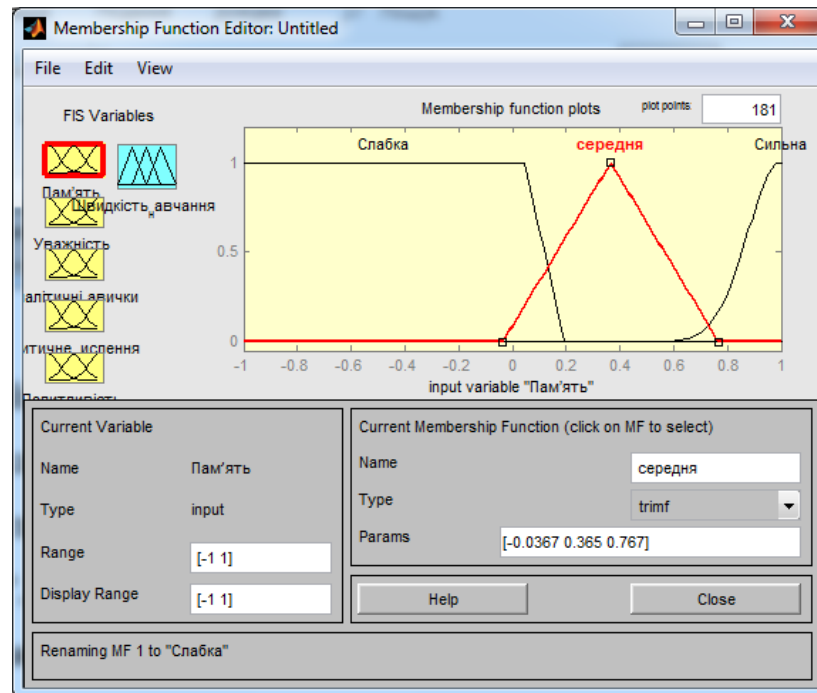


Рисунок 4.5 – «Трикутна» функція для середнього значення

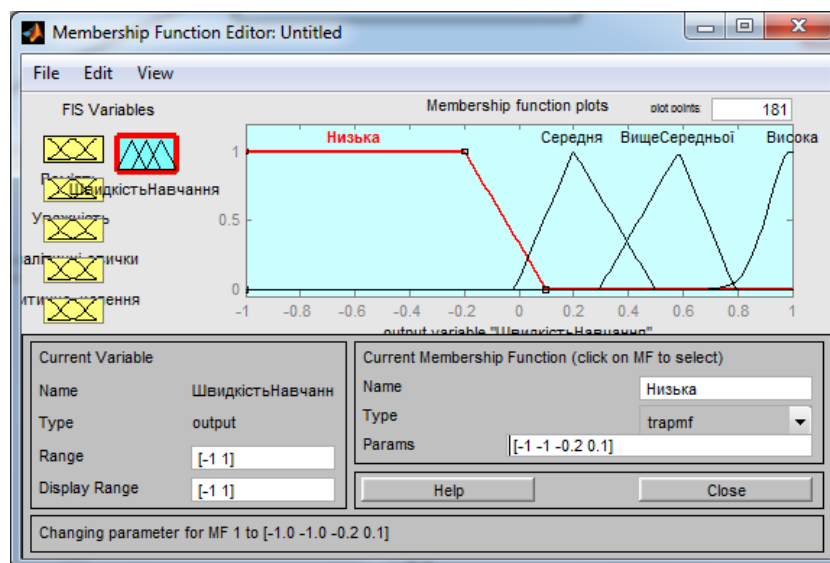


Рисунок 4.6 – «Трапецієвидна» функція оцінки вихідної ЛЗ

Наступний крок – визначення бази правил. Множину правил можна створювати на основі опису ідеального та найгіршого кандидатів, а потім їх варіації для образу «найкращого із наявних». Наприклад, для найкращого із претендентів було би характерним, якби він мав «середню-сильну пам'ять», «середній-високий рівень уважності», «аналітичні навички вище середнього або високі», «Критичне мислення розвинуте середньо або високо», «Допитливість середня», тоді можна говорити про загальну оцінку Швидкості навчання як «Високу».

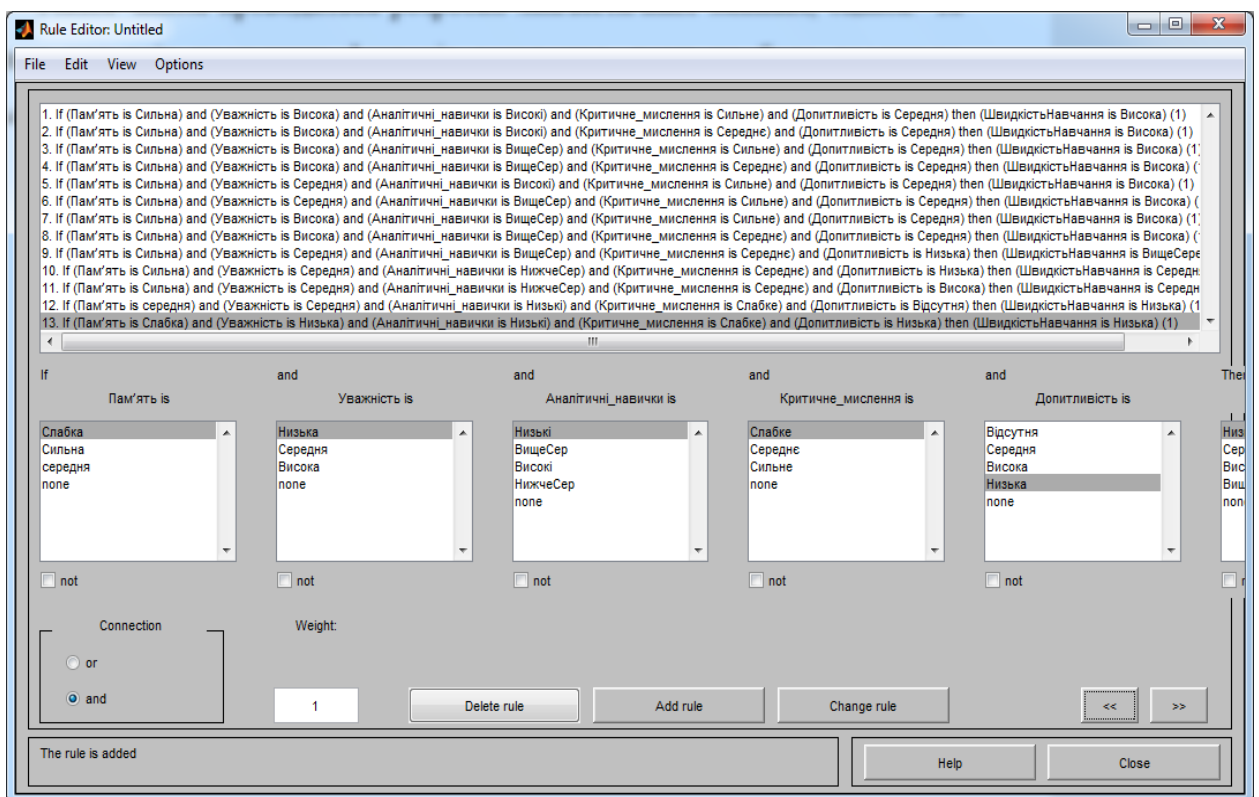


Рисунок 4.7 – База правил

В системі MATLAB можна створити механізм нечіткого виведення та переглянути результати нечіткого виведення для одного набору вхідних чисельних змінних. Це дозволяє побачити процес нечіткого моделювання та використати його для визначення результату за заданими змінними. Для отримання нечітких висновків скористаємося моделлю Мамдані.

Наприклад, нехай, один із кандидатів буде мати такі значення критеріїв: «пам`ять середня», «уважність низька», «аналітичні навички трохи вище середнього», «сильне критичне мислення» і «низька допитливість».

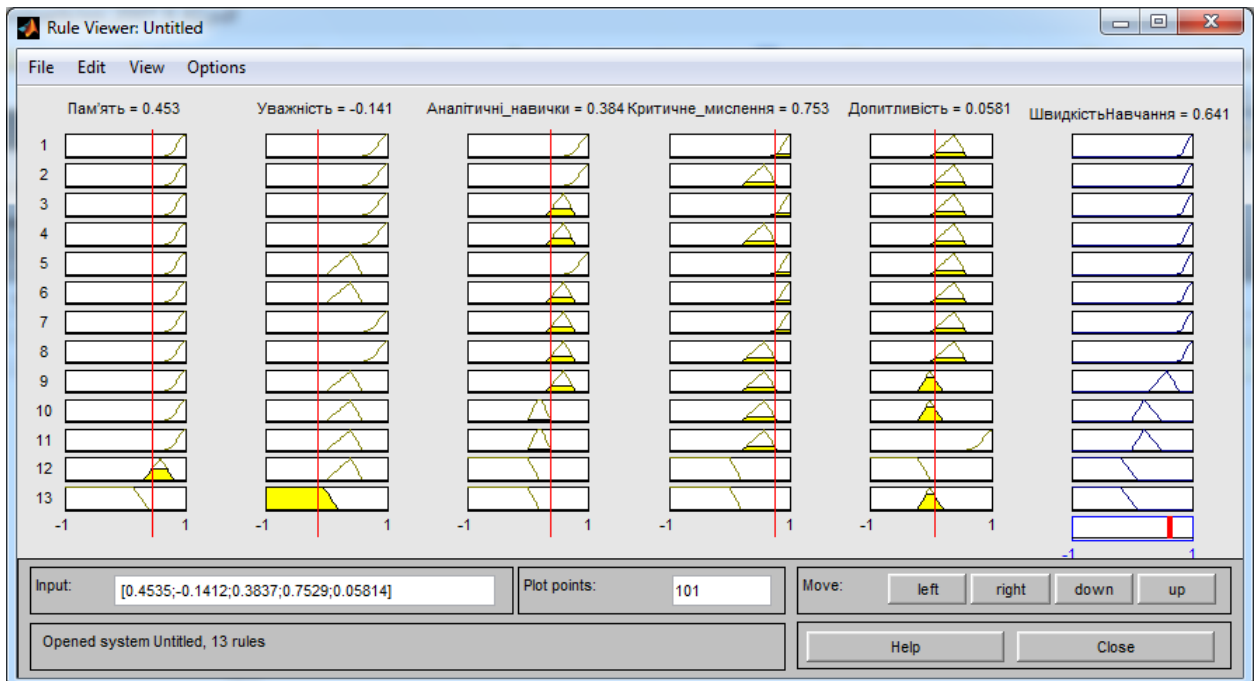


Рисунок 4.8 – Результати моделювання

За результатом нечіткого моделювання та проміжними результатами окремих фаз нечіткого виведення можна зробити висновок, що кандидат має «швидкість навчання вищу за середню». Це може позитивно вплинути на результат оцінки співбесіди, бо «швидкість навчання» є одним із найвпливовіших факторів керування.

Таким чином, навіть у автоматизованому додатку слід буде приділити час на те, щоб занести необхідні значення вхідних чисельних змінних в ручному режимі.

Для прикладу, у конкретній ситуації буде розглядатися список кандидатів із їхніми даними, які потраплять у цю систему, потім буде визначено результат оцінювання однієї із найвпливовіших характеристик для кожного. Потім методом порівняння із вимогами до вакансії будуть

відбиратися ті претенденти, які їх задовольняють. Таким чином, дійшовши поступово до основної нечіткої карти із блоків способів оцінювання буде отримано фінальний результат для кожного із конкурентів. Потім методом пошуку максимальних значень відберуться претенденти, які згідно із вимогами, найкраще підійдуть на посаду.

Таблиця 4.2 – Результати моделювання для кандидатів

№	ПБ	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	A_1
1	Даниленко Д.О.	0,48	0,438	0,463	0,387	0,512	Висока
2	Розенберг М. Е.	0,47	0,133	0,378	0,541	0,459	Середня
3	Горбунов Ю. С.	0,06	0,05	0,09	0,09	-0,1	Низька
4	Клопотенко Є.В.	0,8	0,88	0,8	0,84	0,27	Висока
5	Скрипін. Ю.А.	0,53	0,37	0,17	0,48	0,05	Середня
...							

Нехай, концепти когнітивної карти (таблиця 4.2):

- а) V_1 – критерій пам'яті;
- б) V_2 – критерій уважності;
- в) V_3 – критерій аналітичних навичок;
- г) V_4 – критерій критичного мислення;
- г) V_5 – критерій допитливості;
- д) A_1 – керуючий критерій «Швидкість навчання».

Отже, було отримано список претендентів. При визначенні вимог до вакансії було зазначено, що підійдуть такі кандидати, швидкість навчання яких характеризується як «середня» або «висока». Якщо із таблиці вище відібрати таких, то залишаться: Даниленко Д.О. та Клопотенко Є.В, Розенберг М.Е. та Скрипін Ю.А. Логічним було би із цього ряду одразу відібрати тільки кандидатів із найвищими оцінками, але треба врахувати, що існують й інші критерії, яким повинні задовольняти претенденти.

Якби ця задача вирішувалася виключно силами відділу кадрів, то з великою імовірністю вони б вибрали тих самих людей, але орієнтуючись виключно на суб'єктивні відчуття, які складно пояснити чи довести.

Таким саме способом проводиться розробка лінгвістичних змінних, оцінок та правил для всіх наступних факторів керування, поки не буде досягнуто цільового критерія. Ці ж дії виконуються для кожного із блоків. Таким чином за допомогою моделювання будуть визначатися оцінки критеріїв керуючих блоків, які в свою чергу визначають результат задачі.

4.2 Аналіз методу

Представлений у роботі алгоритм є логічним алгоритмом, бо містить розпорядження, яке стосується не цифр, а об'єктів будь-якої природи називається логічним алгоритмом. Також цей алгоритм є керуючим бо дані на обробку надходять від зовнішніх процесів. Результатом роботи є нечіткий висновок, який впливатиме на прийняття остаточного рішення. Алгоритм влючає в себе циклічні процеси, в яких ті самі дії з обробки інформації виконуються багаторазово. Було вибрано представити опис алгоритму двома способами: словесним і графічним. Наприклад, алгоритм для ЕОМ зображений графічно у вигляді блок-схем. Також він характеризується як:

- детермінований (після кожного кроку визначається наступний або дається команда зупинитися, після чого робота вважається закінченою);
- результативний – виконання алгоритму закінчується конкретним результатом, а множина кроків, з яких складено алгоритм, є скінченою;
- масовий, бо може бути використаний для розв'язання набору задач одного типу (відбір);
- дискретний, бо його можна розбити на скінчену кількість етапів, причому результати попереднього етапу можуть бути вхідними для наступного.

Загальними перевагами наведеного методу є:

- використання обґрунтованих рішень;
- зручність використання якісних та кількісних суб'єктивних оцінок;
- можливість реалізації у вигляді плагіну для однієї із популярних систем, а значить автоматизації усього процесу підбору;
- гнучкість для використання різноманітних способів визначення компетентностей кандидата.

Загальними недоліками даного методу є:

- відносно великий відсоток робіт, які необхідно виконати групі експертів до початку використання: визначення критеріїв, взаємозв'язків їх перевірка та коригування, задання бази правил, тощо;
- складність реалізації, бо більшість існуючих компаній із розробки забезпечення для роботи із персоналом через політику конфіденційності не дозволяють розробку плагінів, якщо розробник не є робітником цієї фірми;
- складність часткової реалізації, бо у відриві від цілісної системи роботи із процесами підбору, такий програмний засіб матиме мало переваг.

Отже, значну увагу при подальшому дослідженні слід приділити проблемі широкого залучення експертів перед початком використання методу для розробки бази правил та встановлення ваг між критеріями, бо це може призводити до значних втрат часу. Результати методу залежать великою мірою від того, чи компетентні експерти та менеджери використовують прогу.

Варто також звернути увагу, що навіть після генерації СППР відповіді про те, наскільки підходить кандидат на посаду, остаточне рішення може приймати менеджер або керівник, але якщо їх не задовольнить результуюча вибірка, то потрібно буде повторювати кроки із самого початку алгоритму або на одному із кроків усередині. Якщо претенденти підходять то є сенс потурбуватися про створення та внесення до системи корисного патерну відбору. Однак для кожної посади таких шаблонів може бути незліченна кількість, тому потрібно визначити у якому вигляді та яке їх обмежене число має зберігатися.

Процес не закінчується на етапі вибору найкращого претендента, він продовжується для того щоб проаналізувати продуктивність роботи методу у часі. Якщо претендент не виправдовує сподівань, є сенс змінювати основні критерії чи їх ваги. Цим має займатися окрема команда протягом років.

4.3 Рекомендації для розробки програмного продукту

Автоматизація є одним із напрямів науково-технічного прогресу, спрямованим на використання саморегульованих технічних засобів, математичних методів і систем керування, що можуть зняти з людини відповідальність від участі у процесах отримання, перетворення, передавання і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій.

На сьогоднішній день ринок програмного забезпечення переповнений рішеннями, які направлені на автоматизацію процесів керування персоналом. Зокрема в Україні їх теж існує велика кількість (E-Staff Рекрутер, PeopleForce, система HURMA, тощо). Вони користуються великою популярністю та довели свою користь роками використання. Варто ще раз підкреслити, що у подібних системах якісно реалізований процес підбору нових працівників, єдиний їхній недолік - відсутність етапу відбору. Створювати ж окремий продукт, який реалізовуватиме тільки один етап, не має сенсу: у будь-якому разі він буде контрастувати із загальною цільною системою, його заповнення потрібно буде виконувати самотужки експертам та менеджерам, а потім висновки знову самим заносити у систему, що було б дуже незручним.

Зважаючи на наведені аргументи, можна дійти такого висновку – краще займатися розробкою окремого плагіну для вже готового продукту.

Таким чином, можна буде уникнути завантаження додаткових програм та навчання персоналу роботі із ним, реалізувати механізм автоматичного підтягування необхідних даних із бази зберігання усієї інформації про кандидатів. В такому блоці системи буде легше почати працювати новачкам,

бо він за дизайном та структурою буде підходити під систему, в якій вони звикли працювати.

Основні умови до розробки подібного плагіну:

- наявність сховища даних для накопичення критеріїв, зберігання проміжних етапів обчислень, та збереження шаблонів набору критеріїв для окремих позицій;

- інтуїтивно-зрозумілий зручний інтерфейс для введення, обробки та отримання даних.

- дизайн має бути схожий на системний;

- можливість завантаження із сховища даних оцінок вхідних критеріїв, та автоматичного оновлення цих оцінок, якщо їх поточний стан було змінено;

- можливість створення декількох рівнів декомпозиції із окремою когнітивною картою на кожному із них;

- блок заповнення матриці суміжності кожної нечіткої когнітивної карти на основі завантажених даних;

- наочне графове представлення когнітивної карти;

- можливість гнучкого налаштування на всіх етапах процесу відбору(кількість критеріїв, оцінки критеріїв, ваги, тип зв'язків, метод моделювання, функція належності, універсуми, редагування бази правил тощо);

- логування кожного кроку відбору для наглядності;

- виведення нечіткого висновку для кожного кандидата та їх порівняння за ним (відбір найкращих).

Перевагами розробки такого програмного продукту для окремої фірми можуть бути:

- а) розробка інструментального засобу з одним методом, який підходить для вирішення багатьох нестандартних завдань з області відбору персоналу;

б) з часом, коли зросте досвід менеджерів з підбору персоналу, в процесі експлуатації такої системи можна буде покращувати існуючі шаблони для відбору, вносячи необхідні правки;

в) гнучкість при відборі шляхом комбінування інтуїтивного методу (коли представник HR робить висновок орієнтуючись на власну суб'єктивну картину сприйняття, яку складно пояснити) із стандартними та нестандартними методами;

г) швидкість функціонування таких систем за рахунок використання сучасних технологій.

ВИСНОВКИ

В даній роботі було вирішено низку основних завдань, які необхідні для досягнення поставленої мети. Так було проаналізовано альтернативні сучасні методи прийняття рішень про відбір одного кандидата із множини претендентів, якими користуються представники HR та керівники підприємств, одним із найпопулярнішим із яких був метод «ідеального робітника». Було вказано їх переваги та недоліки, було обґрунтовано, чому слід звернути увагу на використання методу нечітких когнітивних карт для системи підтримки прийняття рішень. Було описано основні способи оцінювання претендентів за ключовими факторами компетенцій. Було словесно та графічно описано алгоритм методу для прийняття рішення про вибір одного із кандидатів на вакантну посаду. Результати роботи даного методу було проаналізовано та визначено основні переваги та недоліки, проблеми та складнощі. На основі цього були розроблені рекомендації для реалізації та вказано напрями для подальшого розвитку і використання.

Відбір кандидатів на посаду у фірмі або персоналу у штат аутсорсу пропонується виконувати за допомогою системи підтримки прийняття рішень, в якій буде реалізовано когнітивне моделювання за допомогою нечітких когнітивних карт, що складаються із багатьох критеріїв оцінки компетентностей та навичок, а зв'язки представлені позитивними та негативними вагами впливу. Серед видів когнітивних карт було вибрано нечіткі когнітивні знакові карти Коско.

Найбільшим недоліком у прийнятті кадрових рішень досить довгий час вважалися суб'єктивність та інтуїтивність відбору. У методі нечітких когнітивних карт пропонується використовувати цю особливість не як недолік, а як перевагу, можливість для гнучкості у прийнятті рішень. Існує імовірність, що запропоновані у статті методичні рекомендації зможуть автоматизувати процес відбору, полегшивши тим самим пошук та відбір

робітників на посади, що є одним із найважливіших завдань для будь-якого підприємства. Розробка програмного забезпечення на основі вищенаведеного методу може стати корисним доповненням до більшості існуючих систем та платформ, які реалізують основні функції роботи із персоналом.

Подальші дослідження в заданому напрямі дозволять створити універсальні шаблони критеріїв, та поступово їх покращувати за рахунок досвіду попереднього використання. Модель відбору персоналу можна коригувати під потреби підприємств різних розмірів та сфер діяльності, що даватиме можливість обрати кандидатів на будь-яку посаду.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Казаринова Н. Л. Модель процесу організації підбору кадрів на вакантні посади ВНЗ / Н. Л. Казаринова // Моделювання регіональної економіки. – 2011. - № 2. – С. 133-139.
2. Білорус Т. Методичний інструментарій організації пошуку та відбору персоналу / Т. Білорус // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. - 2015. - Вип. 7. – С. 20-29.
3. Павленко К. О. Сучасні технології підбору персоналу / К. О. Павленко, Т. С. Шульгіна // Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. : Економічні науки. - 2017. - Вип. 23(3). – С. 30-33.
4. Маняк, Ю. В., Роговий, А. В. Нечіткі методи в задачі когнітивного моделювання. *International scientific journal*, 2016, 7: 100-105.
5. Вітлінський В. В. Штучний інтелект у системі прийняття управлінських рішень / В. В. Вітлінський // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. - 2012. - № 1. - С. 97-118.
6. Азарнова Т. В. Применение нейросетей в процессе подбора персонала / Т. В. Азарнова, И. М. Терновых // Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии. 2009. № 2. С. 76–80.
7. Нечіткі моделі в задачах підбору персоналу при формуванні соціальних груп. Системні дослідження та інформаційні технології, 2011, 3: 56-62.
8. Котляревська К. Ю. Застосування методів математичного моделювання при найманні персоналу підприємства / К. Ю. Котляревська // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Розвиток європейського простору очима молоді: економічні, соціальні та правові практики» 22.04. - м. Харків, - 2016р. – С.1429-1434.
9. Каргин А. А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы [Текст] / А. А. Каргин. - Донецк: НордПресс,

ДонНУ, 2010. – 526с.

10. Нечітке моделювання в середовищі Matlab на прикладі управління роботом. Методичні вказівки до лабораторної роботи. Каргін А.О., Т.Г. Петренко - Вінниця: ДонНУ ім. Василя Стуса, 2017. – 36 с.

11. Безручук, С. Л., Лайчук, С. М. Аутсорсинг, лізинг персоналу або послуги з бухгалтерського обліку: критична оцінка термінів. Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу, 2008, 3 (12): 41-60.

12. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V. and Makarenko D.I. (2010), “Cognitive modeling for the management tasks of semistructured systems (situations)”, Institut problem upravlenija RAN, vol. 16, pp. 26–39

13. Abramova H.A. and Kovriga S.V. (2008), «Some criteria of models reliability on the basis of cognitive cards», Problemy upravlenija, vol. 6, pp. 23–33.

14. Тристан А.В. Застосування когнітивних підходів в слабоструктурованих системах підтримки прийняття рішень / А.В. Тристан // Збірник наукових праць Харківський університет Повітряних Сил. – Х.:Х УПС, 2013. – Вип. 3 (36). - С. 133-136.

15. Горелова Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. – Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.,

16. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию / В.И. Максимов // Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001). – М.: ИПУ РАН, 2001. – Т. 1. – С. 4-18.

17. Даниленко, Д. О., Мартовицький, В. О. Метод оцінювання тестів у дистанційних системах навчання на основі когнітивних карт. КОМП'ЮТЕРНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ, 2019.

18. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986.– Vol. 11. – P. 65-75.

19. Каргин А.А., Петренко Т.Г. Нечёткие модели в задачах

ситуаційного управління / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. ХарДАЗТ, Харків, № 4, 2010, С.66-69.

20. Гожий, О. П. Побудова динамічних моделей на основі нечітких когнітивних карт для вирішення задач сценарного планування. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2013, 7: 13-17.

21. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер — М.: Наука, 1967. — 575 с.

22. Borisov, V. V., & Fedulov, A. S. Generalized rule-based fuzzy cognitive maps: structure and dynamics model. In: International Conference on Neural Information Processing. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004. p. 918-922.

23. The Verkhovna Rada of Ukraine (2011). Про затвердження Національної рамки кваліфікацій [Pro zatverdzhennia Natsionalnoi ramky kvalifikatsii]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF>

24. Рубан И.В., Лукова-Чуйко Н.В., Мартовицкий В.А. Подход к классификации состояния сети на основе статистических параметров для обнаружения аномалий в информационной структуре вычислительной системы. Кибернетика и системный анализ. 2018. Том 54, No 2. С. 142 – 150.

25. Щербатов И.А. Математические модели сложных слабоформализуемых систем: компонентный подход // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2(22). – С. 70-78.