

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та технологій

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з дисципліни «Методи та системи штучного інтелекту»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Виконав: здобувач 3 курсу
групи 1
Ляшенко С. Г.

Керівник: к.т.н., доцент, Єпик М.О.

АНОТАЦІЯ

Метою цього курсового проекту є створення експертної системи, яка рекомендує абітурієнтам Одеського національного університету імені І. І. Мечникова відповідні спеціальності на основі їхніх результатів з Національного мультипредметного тесту (НМТ) та інтересів, використовуючи мову програмування Prolog для реалізації експертної логіки.

Розглянуті питання включають в себе аналіз отриманих оцінок з НМТ та звернення до даних щодо інтересів абітурієнта. Система використовує принципи логіки програмування на Prolog та правила, щоб надати рекомендації з вибору спеціальностей, які найкраще відповідають його здібностям та уподобанням.

Курсовий проект обґрунтовує вибір моделі експертної системи, описує принципи роботи та механізми рекомендацій, і надає поглиблене вивчення реалізації системи з використанням Prolog. Основний розділ роботи присвячений детальному огляду логіки системи та визначенню факторів, що впливають на рекомендації, з використанням особливостей мови програмування Prolog.

Результатом курсового проекту є функціональна експертна система, яка може стати корисним інструментом для абітурієнтів у процесі вибору оптимальної спеціальності на етапі вступу до вищого навчального закладу.

Проект зосереджується на практичних аспектах використання експертних систем у виборі освітнього напрямку, зокрема використання мови програмування Prolog для реалізації логічної складової. Розглядаються можливі доповнення та вдосконалення системи для покращення її ефективності та точності рекомендацій.

Курсовий проект охоплює 55 сторінок, включає 10 джерел інформації та представляється з 23 рисунків та 1 додатку.

Ключові слова: експертна система (ЕС), Prolog, рекомендації, абітурієнт, вищий навчальний заклад (ВНЗ), Одеський національний університет, мультипредметний тест, індивідуальні інтереси, обрання спеціальності.

ANNOTATION

The aim of this coursework project is to create an expert system that recommends suitable majors to applicants of Odessa National I.I. Mechnikov University based on their National Multidisciplinary Test (NMT) scores and interests, utilizing the Prolog programming language to implement expert logic.

The issues addressed include analyzing NMT scores and accessing data on the applicant's interests. The system employs Prolog programming principles and rules to provide recommendations for majors that best align with their abilities and preferences.

The coursework project justifies the choice of the expert system model, describes its principles of operation and recommendation mechanisms, and provides an in-depth exploration of the system's implementation using Prolog. The main section of the work is dedicated to a detailed overview of the system's logic and the identification of factors influencing recommendations, utilizing the features of the Prolog programming language.

The outcome of the coursework project is a functional expert system that can serve as a useful tool for applicants in the process of selecting an optimal major during the university admission stage.

The project focuses on practical aspects of utilizing expert systems in educational direction selection, particularly emphasizing the use of the Prolog programming language for implementing the logical component. Possible enhancements and improvements to the system are discussed to enhance its efficiency and the accuracy of recommendations.

The coursework project spans 55 pages, includes 10 sources of information, and is presented with 23 figures and 1 appendix.

Key Words: expert system, Prolog, recommendations, applicant, higher educational institution (university), Odessa National University, multidisciplinary test, individual interests, specialty selection.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ANNOTATION.....	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.....	6
1.1. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ.....	6
1.2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ З ОБРАНОЇ ТЕМИ	7
1.3. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.....	9
1.4. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ.....	10
2. ПРОЄКТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ	11
2.1. АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ.....	11
2.2. ЕТАП ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ.....	12
2.3. ЕТАП КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ.....	13
2.4. ЕТАП ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ.....	14
2.5. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ.....	15
3. РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ.....	16
3.1. ЕТАП ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ.....	16
3.2. ЕТАП ТЕСТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ	29
3.3. ВИСНОВКИ	29
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31
ДОДАТОК А.....	32
Лістинг програмної реалізації експертної системи	32

ВСТУП

Актуальність теми дослідження полягає у необхідності створення ефективного інструменту для абітурієнтів, які стоять перед важливим вибором спеціальності у вищому навчальному закладі (надалі ВНЗ), яке може визначити їхнє майбутнє та життя загалом. До того ж, з роками росте різноманіття освітніх напрямків, тому потреба в грамотних та індивідуалізованих рекомендаціях стає критичною.

Об'єктом дослідження є процес вибору спеціальності/напрямку навчання абітурієнтами ВНЗ, зокрема, Одеського національного університету імені Мечникова. Предметом дослідження є експертна система, спроектована для рекомендації оптимальних варіантів спеціальностей на основі результатів Національного мультипредметного тесту (НМТ) та вподобань абітурієнта.

Методи дослідження включають аналіз існуючих експертних систем, а також розгляд можливих варіантів їх застосування в контексті вибору спеціальності при вступі до вищого навчального закладу. Важливим етапом є також проектування та реалізація експертної системи, використовуючи мову програмування Prolog.

Структура пояснювальної записки включає три розділи:

- У першому розділі аналізуються проблеми розвитку експертних систем, проводиться аналіз існуючих систем з обраної теми, формулюються завдання.
- Другий розділ присвячений проектуванню експертної системи, включаючи аналіз варіантів використання, ідентифікацію, концептуалізацію та формалізацію системи.
- У третьому розділі описано реалізацію експертної системи, включаючи етапи виконання та тестування.

Обсяг пояснювальної записки становить 55 сторінок, а використані методи дослідження та отримані результати спрямовані на покращення процесу вибору спеціальності абітурієнтами.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1. Проблеми розвитку експертних систем

Хоча експертні системи (ЕС), як окремі програмні продукти, які використовуються для прийняття рішень в різноманітних областях, можна доволі рідко зустріти в сучасному світі, ідеї, які почали існувати завдяки появі такого напрямку штучного інтелекту, і сьогодні можна побачити в технологіях, що люди використовують кожен день. І саме через цю обставину – існування ідей і по сьогодні – в науково-технічному світі до сих пір проводяться численні дослідження та розробки в цьому напрямку, які дозволяють знаходити певні прогавини та можливі варіанти покращення ідей.

Однією з важливих проблем є неоднорідність та непередбачуваність експертних знань, які вводяться в систему. Іноземні та вітчизняні автори, такі як Chandrasekaran^[1], Fox^[2], та Kadenko^[3], висвітлили цей аспект, наголошуючи на важливості створення ефективних методів формалізації та перевірки експертних знань.

Ще однією проблемою є потреба у постійному оновленні бази знань експертної системи, особливо в умовах швидкого розвитку технологій та змін в галузі застосування. Для цього пропонуються різні способи покращення експертних систем, використовуючи новітні технології (зокрема, глибоке навчання)^[4].

Крім того, іншою значущою проблемою є складність реалізації механізмів пояснення прийнятих рішень, особливо в тих ситуаціях, коли експертна система використовує складні алгоритми або нейромережеві підходи.

Загалом, аналіз теоретичних та практичних результатів вказує на потребу в подальших дослідженнях та вдосконаленнях в розвитку експертних систем, зокрема у напрямках формалізації знань, оновлення бази знань та поліпшення механізмів пояснення рішень, використовуючи сучасні методики проектування та розробки.

1.2. Аналіз існуючих експертних систем з обраної теми

Під час пошуку інформації відносно теми, яку було обрано для виконання даної курсової роботи, в мережі Інтернет було знайдено приклад експертної системи, реалізованої на Prolog, що рекомендує студентам західної частини світу (зокрема, США) обрати навчальні дисципліни у ВНЗ, базуючись на їхніх шкільних оцінках та вподобаннях^[5]. Це найближчий аналог експертної системи, яка розглядається в даній роботі.

Суттєвим недоліком цієї системи є те, що для її відносно невеликої складності, код розподілений по різних файлах, що робить подальшу розробку та управління системою більш важкими (рис. 1).

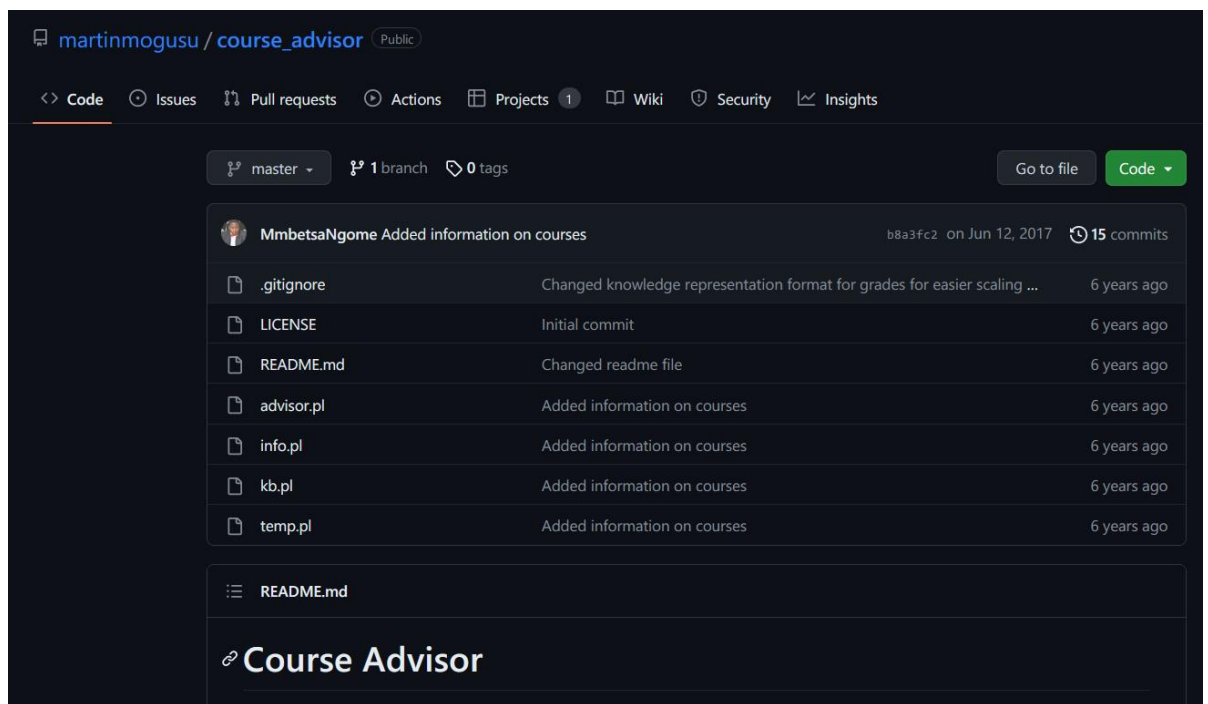


Рис. 1. Структура ЕС рекомендації обрання дисциплін на GitHub

До того ж, як було протестовано, дана система – у вихідному вигляді, при використанні предикату `start/0` – не виводить поради щодо обрання навчальних дисциплін, а лише зберігає їх (рис. 2). Незрозумілість використання, зокрема, впливає з факту недостатньої її документації та складності організації вихідних файлів.

```
4 % Initialization procedures
5 ~ start:-
6     reconsult('temp.pl'),nl,
7     reconsult('info.pl'),nl,
8     reconsult('kb.pl'),nl,
9     menu.
10
11 % Saves new temporary info for use by inference engine

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

What is your level of interest in logic? |: 4
.
What is your level of interest in management activities? |: 2.
What is your level of interest in painting and drawing? |: 1.
What is your level of interest in medical activities? |: 0.
What is your level of interest in culinary art work(food industry)? |: 0.
What is your level of interest in construction design and management activities? |: 2.
What is your level of interest in business activities ie economics,finance and marketing? |: 1.
What is your level of interest in outdoor working area and activities? |: 1.
What is your level of stress tolerance? |: 2.
What is your level of interest in historical information? |: 0.
What is your level of interest in legal and criminal justice? |: 0.
What is your level of interest in thinking and coming up with new ideas? |: 4.
What is your level of interest in computing? |: 4.
What is your level of interest in sociability? |: 2.
What is your level of attention to details? |: 3.
What is your level of interest in doing technical activities? |: 3.
What is your level of interest in discovering new things? |: 3.
What is your level of interest in serving people? |: 2.
What is your level of interest in catering? |: 0.
What is your level of interest in physical and sporting activities? |: 2.
Saving data
Done
true.

3 ?- |
```

Рис. 2. Приклад неповноти реалізації ЕС

Але, перевагою даної системи є зрозумілість того, як вихідний код був написаний, тому що, незважаючи на всі можливості мови Prolog, в ній використовуються базові конструкції, що на противагу недолікам покращує можливості до розуміння коду і, відповідно, подальшої розробки системи (див. рис. 3).

Виходячи з простоти програмної реалізації представленого приклада експертної системи, було вирішено запозичити деякі підходи у проектуванні та реалізації експертної системи були зокрема позичені з цього репозиторію


```

56     confirm_interest(medical, 4),
57     confirm_interest(tolerance, 3),
58     confirm_interest(serving_people, 2),
59     confirm_interest(perfectionist, 4).
60 field(history):-
61     confirm_interest(history, 4).
62 field(agriculture):-
63     confirm_interest(outdoor,3),
64     confirm_interest(food,3).
65 field(geography):-
66     confirm_interest(outdoor, 3),
67     confirm_interest(discovery, 2).
68 field(catering):-
69     confirm_interest(serving_people, 3),
70     confirm_interest(catering, 4).
71
72
73 % Confirms if the grade for the specified unit meets the minimum
74 % requirement
75
76 confirm_grade(Unit, Threshold):-
77     grade(Unit, GradePoints), GradePoints >= Threshold.
78
79
80 % Confirms whether any of the units provided meets the
81 % specified threshold
82
83 any_meets_threshold(Unit1, Unit2, Unit3, Unit4, Unit5, Unit6, Threshold):-
84     grade(Unit1, Unit1Points), Unit1Points >= Threshold;
85     grade(Unit2, Unit2Points), Unit2Points >= Threshold;
86     grade(Unit3, Unit3Points), Unit3Points >= Threshold;
87     grade(Unit4, Unit4Points), Unit4Points >= Threshold;
88     grade(Unit5, Unit5Points), Unit5Points >= Threshold;
89     grade(Unit6, Unit6Points), Unit6Points >= Threshold.
90
91 % Advices on courses one should take
92 should_take(X):-

```

Рис. 3. Приклад вихідного коду даної системи

1.3. Постановка завдання

Метою даного курсового проєкту є розробка та реалізація експертної системи, спрямованої на надання рекомендацій абітурієнтам Одеського національного університету імені І. І. Мечникова щодо вибору оптимальної спеціальності на основі їхніх результатів з Національного мультипредметного тесту (НМТ) та особистих інтересів.

Основним завданням є створення експертної системи, яка забезпечить індивідуалізовані рекомендації потенційним студентам ОНУ, враховуючи їхні здібності та уподобання. Система повинна оптимізувати процес вибору спеціальності та сприяти зростанню задоволеності студентів обраним напрямком навчання.

Кроки для розв'язання даного завдання:

- 1) Аналіз вимог: визначення функціональних та нефункціональних вимог до експертної системи.

- 2) Проектування системи: розробка архітектури системи, ідентифікація факторів впливу, та визначення методів прийняття рішень.
- 3) Формалізація знань: створення бази знань, визначення правил та відносин між елементами.
- 4) Реалізація системи: розробка програмного забезпечення, що включає введення експертної системи та її інтерфейсу.
- 5) Тестування та вдосконалення: проведення тестування ефективності, коректності та зручності використання системи, внесення необхідних коригувань.
- 6) Документація та аналіз результатів: підготовка пояснювальної записки, яка включає аналіз отриманих результатів та пропозиції щодо подальших вдосконалень системи.

Реалізація цих кроків спрямована на досягнення мети проєкту та виконання основного завдання – створення ефективної та високофункціональної експертної системи рекомендацій, з можливістю подальшого її вдосконалення.

1.4. Висновки за розділом

Під час аналізу предметної області стали очевидними ключові виклики у розробці експертних систем для вибору спеціальностей у сфері освіти. Виявлені аспекти включають проблему неоднорідності експертних знань, що вимагає уваги до деталей при формалізації, постійне оновлення бази знань з урахуванням змін у навчальному середовищі та виклики з пояснювання прийнятих системою рішень. Отримані висновки наголошують на необхідності ефективного вирішення цих задач для успішного впровадження експертних систем у процес вибору спеціальностей абітурієнтами та, тим самим, підтримки їхнього освітнього шляху.

2. ПРОЄКТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Аналіз варіантів використання

Функціональні вимоги до ЕС:

- система повинна забезпечувати користувачів можливістю введення своїх досягнень у здачі НМТ;
- система повинна давати змогу зазначити ступінь інтересів абітурієнта у відповідних сферах діяльності (відповідаючи на відповідні питання);
- система повинна надавати обґрунтований рекомендацію стосовно обрання спеціальності та зазначити, на яку форму – бюджетну чи контрактну – абітурієнт може подати заяву;
- система повинна виводити короткий опис рекомендованих спеціальностей із статистикою балів попереднього року.

Нефункціональні вимоги включають:

- швидкодію системи та її можливість працювати з великою кількістю даних (фактів та правил);
- якомога простіша та зрозуміла структура програмного складової;
- інтуїтивно зрозумілі можливості користувачів та зручний користувацький інтерфейс для обміну інформацією між системою та користувачами.

Приблизний принцип функціонування експертної системи та взаємодії з нею відповідних осіб/користувачів зображено на UML-діаграмі нижче (рис. 4).

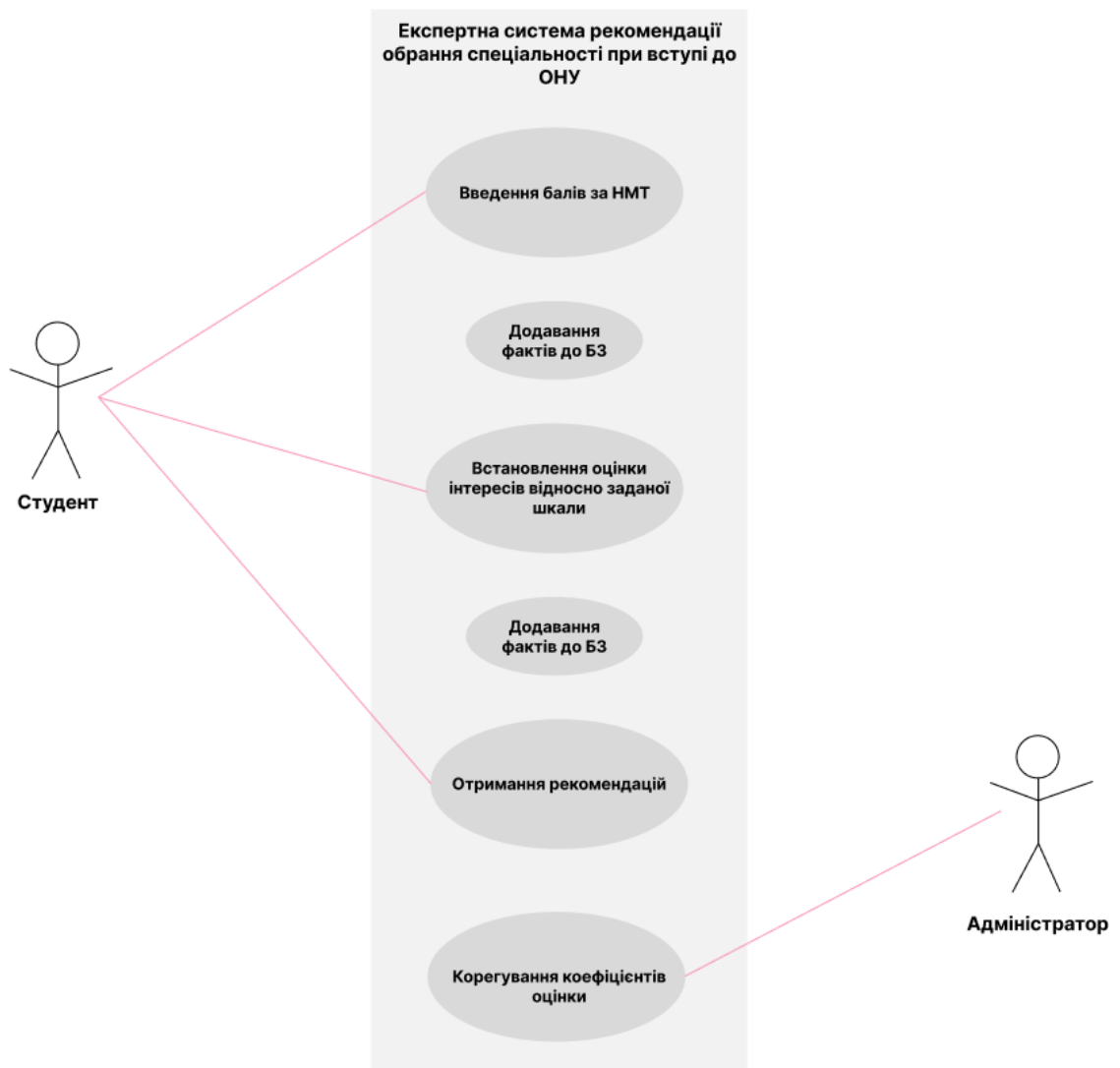


Рис. 4. UML-діаграма функціонування експертної системи

2.2. Етап ідентифікації експертної системи

Експертна система призначена для надання персоналізованих рекомендацій абітурієнтам Одеського національного університету щодо вибору спеціальності. Вона використовує зібрані дані про досягнення у здачі національного тесту та інтереси для надання точних порад, що корелюють з індивідуальними потребами.

Прототип експертної системи застосовується у сфері вищої освіти, точніше – на етапі обранні майбутньої спеціалізації студента. Його основна мета – допомогти абітурієнтам приймати обдумані та збалансовані рішення щодо

обрання спеціальності, враховуючи їхні індивідуальні особливості та академічні досягнення.

Головна мета експертної системи – спростити процес вибору спеціальності для абітурієнтів, забезпечуючи індивідуалізовані рекомендації та враховуючи їхні особисті інтереси та навчальний потенціал.

Вхідні дані. Оцінки, отримані при здачі НМТ, та оцінка особистих інтересів абітурієнта.

Очікувані результати. Експертна система повинна бути здатна надати абітурієнтам індивідуалізовані та обґрунтовані рекомендації щодо вибору спеціальності. Результати мають бути відповідними особистим потребам та здатними допомогти прийняти обдумане рішення.

Об'єкти (фактори) предметної області. Головними факторами, на яких ґрунтується рішення, надане ЕС, є оцінки за НМТ, власні інтереси абітурієнта та коефіцієнти вагомості предметів для кожної спеціальності.

2.3. Етап концептуалізації експертної системи

Змістовний аналіз предметної області. Обрання абітурієнтом подальшого напрямку навчання завжди базується на двох головних факторах: отриманих результатах підсумкового контролю знань, отриманих в школі (результати НМТ), та індивідуальних вподобаннях. Для того, щоб надати найбільш точні рекомендації, ці фактори повинні перевірятися на відповідність певним критеріям.

Виокремлення основних понять і їхніх взаємозв'язків. Зрозуміло, що база знань буде складатися з двох типів предикатів: статичних та динамічних. Статичними предикатами можна представити факти, які наперед відомі і не мають динамічного характеру зміни (на кшталт, коефіцієнти для кожного предмету НМТ кожної спеціальності, мінімальні бали попередніх років тощо). Динамічними предикатами позначатимемо ті факти, які отримуються від користувача під час роботи системи, тобто його оцінки та ступені інтересів.

Головними атрибутами будуть така інформація як назва спеціальності, назва предмету, коефіцієнт важливості предмету, бали за НМТ та ступені зацікавленості абітурієнта в той, чи іншій сфері, представлені числом.

Визначення методів розв'язку завдання. З результатів НМТ у вигляді балів за три предмети (два обов'язкові, один на вибір) можна отримати їхнє середнє значення, яке далі можна порівнювати із відомими результатами попередніх років. На основі цього можна вирішити, чи може абітурієнт пройти на ту чи іншу спеціальність суто з точки зору отриманих ним балів на національному тесті.

Власним вподобанням кандидата також потрібно приділити особливу увагу, т.я. оцінки цих інтересів визначають саме сферу діяльності, яка буде добре (з певною апроксимацією) підходити конкретному абітурієнту. Саме обрання спеціалізації, очевидно, враховує той факт, чи підходить кандидату та чи інша сфера, чи ні.

Цей етап концептуалізації надає системі необхідну основу для подальшої реалізації та використання бази знань для ефективного прийняття рішень у процесі вибору спеціальності абітурієнтами.

2.4. Етап формалізації експертної системи

Вибір програмних засобів розробки. Для розробки експертної системи вибрано онлайн-середовище розробки SWI-Prolog, оскільки цей інструмент забезпечує високий рівень ефективності та гнучкості при роботі із даною технологією (коректне синтаксичне підсвітлювання коду, зручний інтерпретатор тощо). SWI-Prolog дозволяє легко виражати та вирішувати проблеми з представленням знань та логічними введенням/виведенням, що робить його ідеальним вибором для реалізації даного завдання.

Визначення способів представлення усіх видів знань. Система використовує два основних види знань: факти та правила. Факти, як вже зазначалось, представлятимуть інформацію, яка буде використана механізмом логічного виведення для надання остаточних рекомендацій. Правила

визначатимуть логіку прийняття рішення (що і як потрібно обчислюватися, відноситися один до одного і т.д.).

Формалізація основних понять. Формалізація основних фактів та правил, що використовуватимуться наведена нижче.

Інтереси: `інтерес(Назва_сфери_інтересу, Оцінка)`.

Оцінки НМТ: `оцінка_нмт(Назва_предмету, Оцінка)`.

Коефіцієнти вагомості предметів: `вагомість(Спеціальність, Назва_предмету, Вагомість)`.

Сфера діяльності: `сфера(Назва) :- <Умови відповідності інтересів>`.

Умова подання заяви: `можна_подати(Назва_спеціальності) :- <Умови можливості подання заяви>`.

Опис спеціальності: `опис(Атом, Назва, Опис)`.

2.5. Висновки за розділом

На етапі проектування експертної системи було досягнуто важливі результати, що сприятимуть подальшому розвитку та реалізації системи.

Основні досягнення:

- Систематизовано та формалізовано атрибути та взаємозв'язки бази знань, що дозволяє ефективно моделювати індивідуальні особливості абітурієнтів.
- Обрано SWI-Prolog як оптимальний інструмент для розробки експертної системи, забезпечивши високий рівень гнучкості та продуктивності.
- Створено чіткий та консистентний логічний фреймворк для подальшої реалізації системи.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Етап виконання експертної системи

База знань, механізм логічного виведення. По-перше, база знань містить чотири динамічних факти: `nmt_mandatory_score/2`, `nmt_selective_score/2`, `interest/2` та `avg_score/1`. Перші два використовуються для додавання в БЗ (базу знань) оцінок користувача, отриманих за НМТ (`nmt_mandatory_score(Subject, Score)` та `nmt_selective_score(Subject, Score)`), третій – для додавання оцінки одного з інтересів користувача (`interest(Interest, InterestValue)`), представленої у вигляді числа з відрізка $[0; 4]$, а четвертий – для тимчасового зберігання найбільшого середнього значення, який абітурієнт може отримати при поданні на певну спеціальність (для кожної – окремо) (`avg_score(Score)`).

Далі маємо два факти `mandatory_coefficient/2` та `selective_coefficient/2`, які зберігають інформацію про коефіцієнти, що застосовуються до кожного предмету з тих, що можна здавати під час складання НМТ, для кожної спеціальності, т.я. кожна спеціальність має свої коефіцієнти. Приклад їхнього опису можна побачити на рис. 5.

```
97 mandatory_coefficient(horticulture, ukr, 0.35).
98 mandatory_coefficient(horticulture, math, 0.4).
99 mandatory_coefficient(tourism, ukr, 0.4).
100 mandatory_coefficient(tourism, math, 0.3).
101 mandatory_coefficient(international_relations_public_communications_and_region
102 mandatory_coefficient(international_relations_public_communications_and_region
103 mandatory_coefficient(international_economic_relations, ukr, 0.3).
104 mandatory_coefficient(international_economic_relations, math, 0.4).
105
106 % Selective subjects' coefficients
107 selective_coefficient(edu_biology, history, 0.35).
108 selective_coefficient(edu_biology, lang, 0.3).
109 selective_coefficient(edu_biology, bio, 0.5).
110 selective_coefficient(edu_biology, phys, 0.3).
111 selective_coefficient(edu_biology, chem, 0.3).
112 selective_coefficient(edu_geography, history, 0.35).
113 selective_coefficient(edu_geography, lang, 0.35).
114 selective_coefficient(edu_geography, bio, 0.35).
```

Рис. 5. Опис фактів `mandatory_coefficient/2` та `selective_coefficient/2`

Також маємо факти `min_budget_score/2` та `min_contract_score/2`, які відповідають за зберігання інформації про мінімальні прохідні бали на бюджет та на контракт в попередньому році відповідно. Приклад опису див. на рис. 6.

```
337 min_budget_score(politology, 157.6).
338 min_budget_score(politology, 153.7).
339 min_budget_score(horticulture, 142.1).
340 min_budget_score(tourism, 169.5).
341 min_budget_score(international_relations_public_communications, 157.2).
342 min_budget_score(international_economic_relations, 187.2).
343
344 % Min. contract scores of 2023
345 min_contract_score(edu_biology, 135.3).
346 min_contract_score(edu_geography, 138.9).
347 min_contract_score(land_use_and_valuation, 138.9).
348 min_contract_score(geographical_bases_of_nature_management_and_recreation, 138.9).
349 min_contract_score(history, 138.6).
350 min_contract_score(philosophy, 148.0).
351 min_contract_score(culturology, 128.7).
```

Рис. 6. Опис фактів `min_budget_score/2` та `min_contract_score/2`

Далі йдуть правила. Перші два правила, які ми опишемо, – `correlate_interest/2` та `correlate_any_interest/5` – будуть стосуватися перевірки відповідності рівня зацікавленості абітурієнта в той чи іншій сфері мініальному порогу для того, щоб задовольнити умову того, що деяка сфера йому підходить. Вони записуються наступним чином (рис. 7).

```
correlate_interest(Interest, Threshold) :-
    interest(Interest, ILevel), ILevel >= Threshold.

correlate_any_interest(I1, I2, I3, I4, Threshold) :-
    interest(I1, I1Level), I1Level >= Threshold;
    interest(I2, I2Level), I2Level >= Threshold;
    interest(I3, I3Level), I3Level >= Threshold;
    interest(I4, I4Level), I4Level >= Threshold.
```

Рис. 7. Опис правил `correlate_interest/2` та `correlate_any_interest/5`

Ці правила, в свою чергу, використовуються в іншому правилі – `field`. Це правило використовується для визначення мінімальних меж, яким повинні відповідати рівні зацікавленості абітурієнта в тих чи інших заняттях, що безпосередньо пов'язані з певною сферою діяльністю. Декілька останніх таких правил зображено на рис. 8.

```
435 field(it) :-  
436     correlate_interest(otb, 2),  
437     correlate_interest(tech, 3),  
438     correlate_interest(comp, 3),  
439     correlate_interest(logic, 3),  
440     correlate_interest(invent, 2),  
441     correlate_interest(stress, 1).  
442  
443 field(mathematics) :-  
444     correlate_interest(art, 1),  
445     correlate_interest(otb, 2),  
446     correlate_interest(math, 4),  
447     correlate_interest(logic, 3),  
448     correlate_interest(stress, 2),  
449     correlate_interest(perfection, 3),  
450     correlate_any_interest(science, business, _, _, 3).  
451  
452 field(natural_sciences) :-  
453     correlate_interest(art, 1),  
454     correlate_interest(otb, 2),  
455     correlate_interest(science, 3),  
456     correlate_interest(perfection, 3),  
457     correlate_any_interest(physics, biology, chemistry, _, 3).  
458  
459 field(service) :-  
460     correlate_interest(social, 2),  
461     correlate_interest(serving, 3),  
462     correlate_interest(business, 3).
```

Рис. 8. Визначення правила `field/1`

Наступне правило, яке вже безпосередньо визначає, чи може абітурієнт податися на ту чи іншу спеціальність, `can_apply/1` та інші правила – `can_apply_spec/1`, `max_product/3`, `product/3` – реалізують головну і найскладнішу логіку програми. Так як правило `can_apply/1` найпростіше з них, почнемо з нього.

Опис правила `can_apply/1` представлено на рис. 9.

```

515 % 014.05 Середня освіта (біологія та здоров'я людини)
516 ∨ can_apply(edu_biology) :-
517     can_apply_spec(edu_biology),
518     field(education).
519
520 % 014.07 Середня освіта (Географія)
521 ∨ can_apply(edu_geography) :-
522     can_apply_spec(edu_geography),
523     field(education).
524
525 % 032 Історія та археологія
526 ∨ can_apply(history) :-
527     can_apply_spec(history),
528     field(humanities).
529
530 % 033 Філософія
531 ∨ can_apply(philosophy) :-
532     can_apply_spec(philosophy),
533     field(humanities).
534
535 % 034 Культурологія
536 ∨ can_apply(culturology) :-

```

Рис. 9. Опис правила can_apply/1

Насправді, це правило дуже просте і полягає у використанні інших. А ось предикат can_apply_spec/1 та пов'язані з ним max_product/3 та product/3 вже більш цікаві, тому ми зупинимосся на них детальніше.

Заголовок та тіло правила can_apply_spec/1 наведено на рис. 10.

```

469 % Predicate to decide whether an enrollee can choose a specialty
470 ∨ can_apply_spec(Specialty) :-
471     % Get the coefficients for mandatory subjects
472     mandatory_coefficient(Specialty, Subject1, C1),
473     mandatory_coefficient(Specialty, Subject2, C2),
474     dif(Subject1, Subject2),
475
476     % Get the scores for mandatory subjects
477     nmt_mandatory_score(Subject1, Score1),
478     nmt_mandatory_score(Subject2, Score2),
479
480     % Find the chosen subject with the maximum product of score and coefficient
481     findall(Coeff * Score, (
482         selective_coefficient(Specialty, ChosenSubject, Coeff),
483         nmt_selective_score(ChosenSubject, Score)
484     ), ChosenSubjectList),
485
486     % Check if there are valid chosen subjects
487     ChosenSubjectList \= [],
488
489     % Find the chosen subject with the maximum product
490     % max_member(*(C3, MaxScore), ChosenSubjectList),
491     max_product(ChosenSubjectList, C3, MaxScore),
492
493     % Calculate the average mark
494     AverageScore is (C1 * Score1 + C2 * Score2 + C3 * MaxScore) / (C1 + C2 + C3) * 1.04,
495     assertz(avg_score(AverageScore)),
496
497     (min_budget_score(Specialty, MinBudgetScore), AverageScore > MinBudgetScore;
498     min_contract_score(Specialty, MinContractScore), AverageScore > MinContractScore).

```

Рис. 10. Опис предикату can_apply_spec/1

Незважаючи на свій громісткий вигляд, суть його функціонування досить проста. Спочатку ми дістаємо з БЗ відомості про обов'язкові предмети НМТ (українська та математика), що включають в себе бали, які отримав за них абітурієнтів. Після цього ми створюємо список добутків оцінок та коефіцієнтів вибіркового предметів, використовуючи предикат `findall(+Template, :Goal, -Bag)`. Цей список ми створюємо для того, щоб ми могли знайти такий предмет серед вибіркового, добуток якого на коефіцієнт спеціальності дає нам найбільше значення (тому що у реальній ситуації абітурієнт буде обирати саме такий предмет, щоб збільшити свої шанси на проходження відбору). Але ці значення – коефіцієнт вагомості та оцінку за предмет – нам потрібно отримати окремо, щоб була можливість використати їх окремо під час обчислення середнього зваженого усіх оцінок з НМТ. В цьому нам й допомагає предикат `max_product/3` (рис. 11).

```
500 % Predicate to find the maximum product in the list
501 < max_product(ProductList, MaxCoeff, MaxScore) :-
502 <   findall(Product, (
503       member(Coeff* Score, ProductList),
504       product(Coeff, Score, Product)
505   ), Products),
506   max_member(MaxProduct, Products),
507   nth0(Index, Products, MaxProduct),
508   nth0(Index, ProductList, MaxCoeff * MaxScore).
509
510 % Predicate to calculate the product `coeff * score`
511 < product(Coeff, Score, Product) :-
512   Product is Coeff * Score.
```

Рис. 11. Опис предикатів `max_product/3` та допоміжного `product/3`

Бачимо, що в ньому також утилізований предикат `findall/3`, щоб спочатку знайти максимальний добуток, а потім – по індексу цього добутку – знайти у списку `ProductList` пару значень `(MaxCoeff, MaxScore)`, які і відповідають значенням коефіцієнту вагомості та оцінки за предмет, які у добутку дають максимальний результат.

Предикат `product/3` (див. рис. 11) тут грає роль допоміжного, обчислюючи саме добуток кожної з пари коефіцієнт-оцінка при створенні списку `Products`.

Таким чином, використовуючи раніше підготовлені правила `field/1` та `can_apply_spec/1` ми створюємо предикат `can_apply/1`, який і визначає, чи достатньо в абітурієнта знань/вмін та зацікавленості навчатися на той чи інший спеціальності Одеського національного університету.

Під час роботи системи лише залишиться необхідність пройтись по всім можливим спеціальностям у БЗ та перевірити, чи підходять вони абітурієнту. Це й робиться за допомогою предикату `recommend_specialties/0` (див. рис. 12).

```
recommend_specialties :-
    (setof(X, can_apply(X), Specialties) ->
        (Specialties = [] ->
            writeln("Вибачте, не можемо надати рекомендації відповідно наданих відповідей.")
            ;
            writeln("\nРекомендовані спеціальності:"),
            forall(member(X, Specialties), info(X))
        )
        ;
        writeln("Вибачте, не можемо надати рекомендації відповідно наданих відповідей.")
    ).
```

Рис. 12. Тіло предикату `recommend_specialties/0`

У ньому ми бачимо, що крім стандартних предикатів `setof/3`, `writeln/1`, `forall/2`, `member/2` та раніше визначеного `can_apply/1`, використовується ще один предикат – `info/1`. Цей предикат надає інформацію по спеціальності `X` та надає рекомендації стосовно того, чи може абітурієнт подати заяву на контракт та/або бюджет. Його опис ми можемо побачити на рис. 13.

```
info(Specialty) :-
    info_spec(Specialty, Title, Description),
    avg_score(AverageScore),
    min_budget_score(Specialty, MinBudgetScore),
    min_contract_score(Specialty, MinContractScore),
    format("Спеціальність: ~w~nОпис: ~w~nМін. бал на бюджет (2023): ~w~nМін. бал на контракт (2023): ~w~n", [Title, Description, MinContractScore, MinBudgetScore]),
    min_contract_score(Specialty, MinContractScore), AverageScore > MinContractScore, writeln("Можете подати заяву на контракт"),
    min_budget_score(Specialty, MinBudgetScore), MinBudgetScore \= 0, AverageScore > MinBudgetScore, writeln("Можете подати заяву на бюджет").
```

Рис. 13. Опис правила `info/1`

У ньому використовується раніше згаданий динамічний предикат `avg_score/1`, який під час його виконання все ще утримує значення середнього зваженого, яке ми отримали вище, предикати `min_budget_score/2`, `min_contract_score/2` та інші. Головне, що нас цікавить і до сих пір невідомо, – предикат `info_spec/3`. Це доволі простий факт, який утримує в собі значення атому, що відповідає спеціальності, назву спеціальності та її короткий опис. Приклад його запису в БЗ зображено на рис. 14.

```

899 info_spec(
900     mathematics,
901     "111 «Математика»",
902     "Спеціальність 111 «Математика» – це підготовка спеціалістів з математичним складом мислення,
903 ).
904
905 info_spec(
906     applied_mathematics,
907     "113 «Прикладна математика»",
908     "Спеціальність 113 «Прикладна математика» – це застосування математичних методів та алгоритмів
909 ).
910
911 info_spec(
912     computer_science,
913     "122 «Комп'ютерні науки»",
914     "Випускники спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» отримують глибоку математичну підготовку, як
915 ).
916
917 info_spec(
918     computer_engineering,
919     "123 «Комп'ютерна інженерія»",
920     "Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія» орієнтована на набуття і розвиток знань, умінь та к
921 ).
922

```

Рис. 14. Приклади опису факту `info_spec/3`

Таким чином, головний принцип роботи експертної системи рекомендації вибору спеціальності, який реалізується завдяки базі знань, механізму логічного виведення та довідковому модулю, ми розглянули. Залишилося подивитися на головні аспекти, які створюють інтерфейс взаємодії користувача і системи та механізм введення динамічних фактів до БЗ, тобто реалізацію інтерфейсу користувача.

Інтерфейс користувача. Спочатку розглянемо головну функцію, з якої починається виконання експертної системи:

```

consult :-
    intro,
    reset_answers,
    menu,

```

```
% listing(nmt_mandatory_score),
% listing(nmt_selective_score),
% listing(interest),
recommend_specialties, nl.
```

Почнемо з предикату `intro/0`. Він виводить вступне повідомлення, щоб одразу ознайомити користувача із проблемою, яка має на меті дана експертна система. Його код можна побачити нижче:

```
intro :-
    writeln("Яку спеціальність я можу обрати при вступі до
ОНУ?"),
    writeln("Щоб відповісти на це питання, дайте відповіді на
поставлені нижче запитання, закінчуючи символом крапки
('.'.)."), nl.
```

Результат представлено на рис. 15.

```
Яку спеціальність я можу обрати при вступі до ОНУ?
Щоб відповісти на це питання, дайте відповіді на поставлені нижче запитання, закінчуючи символом крапки ('.').
```

Рис. 15. Вступне повідомлення

Далі йде трохи логіки, яка призначена для того, щоб скинути усі динамічні предикати, що можуть знаходитися в робочій пам'яті системи. За це відповідає предикат `reset_answers/0`. Його реалізація наведена нижче:

```
% Потрібно завжди повертати `true`, тому перший виклик
% ми спеціально «руйнуємо» (повертаємо `false`), а другий
% виконуємо успішно
reset_answers :-
    retractall(nmt_mandatory_score(_, _)),
    retractall(nmt_selective_score(_, _)),
    retractall(interest(_, _)),
    fail.
reset_answers.
```

Для видалення з пам'яті усіх можливих екземплярів предикатів використовується вбудований предикат `retractall/1`. Для спеціального повернення значення `false` використовується предикат `fail/0`.

Після цього в нас поступово виводиться меню завдяки предикату `menu/0` (рис. 16).

Яку спеціальність я можу обрати при вступі до ОНУ?
Щоб відповісти на це питання, дайте відповіді на поставлені нижче запитання, закінчуючи символом крапки ('.').

Введіть бали, які Ви отримали за кожен з предметів НМТ.
Бали вказуйте в межах від 100 до 200.
Якщо Ви не здавали якийсь з вибіркових предметів, поставте напроти нього 0.

Українська мова та література:
187

Математика:
190

Історія України:
0

Іноземна мова:
188

Біологія:
0

Хімія:
0

Фізика:
200

Чудово! Тепер, дайте відповіді на деякі запитання стосовно Ваших інтересів/вподобань.
Будь ласка, відповідайте цифрами від 0 до 4:

0 – Не цікавить/Відсутня в житті
1 – Трохи зацікавлений/Не має суттєвого впливу
2 – Доволі зацікавлений/Регулярний вплив
3 – Дуже зацікавлений/Частий вплив
4 – Живу цим!/Постійний вплив

Наскільки Ви зацікавлені в/у науці в цілому?
3

Наскільки Ви зацікавлені в/у математиці?
3

Наскільки Ви зацікавлені в/у фізиці?
4

Рис. 16. Загальне меню застосунку

Його код наведено нижче:

```
menu :-  
    score_instructions,  
    prompt_mandatory_score(ukr, "Українська мова та  
література"),  
    prompt_mandatory_score(math, "Математика"),  
    prompt_selective_score(hist, "Історія України"),  
    prompt_selective_score(lang, "Іноземна мова"),  
    prompt_selective_score(bio, "Біологія"),  
    prompt_selective_score(chem, "Хімія"),  
    prompt_selective_score(phys, "Фізика"),  
  
    interest_instructions,  
    prompt_interest(science, "науці в цілому"),  
    prompt_interest(math, "математиці"),  
    prompt_interest(physics, "фізиці"),  
    prompt_interest(chemistry, "біології"),  
    prompt_interest(biology, "хімії"),  
    prompt_interest(tech, "сучасних інформаційних  
технологіях"),  
    prompt_interest(comp, "роботі з числами"),  
    prompt_interest(logic, "логічному мисленні/будуванні  
логічних ланцюгів"),
```



```

    prompt_interest(invent, "винахідництві/знаходженні нових
речей"),
    prompt_interest(business, "бізнесі"),
    prompt_engagement(stress, "стресу"),
    prompt_interest(nontech, "нетехнічних (гуманітарних)
напрямах"),
    prompt_interest(languages, "вивченні нових (людських)
мов"),
    prompt_interest(history, "історії"),
    prompt_interest(culture, "вивченні культур різних
країн"),
    prompt_interest(psychology, "вивченні психології
людини"),
    prompt_engagement(social, "соціальних взаємодій"),
    prompt_interest(politics, "політиці"),
    prompt_engagement(serving, "допомоги іншим людям"),
    prompt_interest(food, "напрямах, пов'язаних із
виробництвом/обробкою/продажем/тощо їжі"),
    prompt_interest(outdoor, "заходах на свіжому повітрі"),
    prompt_engagement(otb, "нестандартного мислення"),
    prompt_engagement(perfection, "перфекціонізму"),
    prompt_engagement(art, "мистецтва"),
    prompt_interest(teach, "навчанні інших").

```

Предикати `score_instructions` та `interest_instructions` виводять на екран повідомлення-запрошення до введення даних із короткої інструкцією, як це правильно робити, що можна побачити на рис. 16.

Предикати, які починаються зі слова `prompt`, усі представляють собою безпосереднє запрошення до введення, створюючи відповідне поле для введення (рис. 17) та перевіряючи, чи відповідає надане користувачем значення інструкціям, що були виведені до цього (рис. 18).

Введіть бали, які Ви отримали за кожен з предметів НМТ.
Бали вказуйте в межах від 100 до 200.
Якщо Ви не здавали якийсь з вибірових предметів, поставте напроти нього 0.

Українська мова та література:

Математика:

Рис. 17. Приклад створення поля введення в SWISH'е

Введіть бали, які Ви отримали за кожен з предметів НМТ.
 Бали вказуйте в межах від 100 до 200.
 Якщо Ви не здавали якийсь з вибіркових предметів, поставте напроти нього 0.

Українська мова та література:

Математика:

 Invalid input. Please enter a valid number.

Математика:

 Invalid input. Please enter a valid number.

Математика:

Історія України:

Рис. 18. Приклад помилкового введення із повторним запрошенням

Код відповідних предикатів, на ряду з іншими, можна подивитися у Додатку А.

Якщо повернутися до коду головного предикату `consult/0`, можна побачити, що деякі рядки закоментовані. Ці рядки використовувалися для отримання інформації стосовно тих динамічних фактів, які були внесені до БЗ шляхом надання користувачем інформації. Приклад того, як це виглядає зображено на рис. 19.

```
:- dynamic nmt_mandatory_score/2.

nmt_mandatory_score(ukr, 187).
nmt_mandatory_score(math, 190).

:- dynamic nmt_selective_score/2.

nmt_selective_score(hist, 0).
nmt_selective_score(lang, 188).
nmt_selective_score(bio, 0).
nmt_selective_score(chem, 0).
nmt_selective_score(phys, 200).

:- dynamic interest/2.

interest(science, 3).
interest(math, 3).
interest(physics, 4).
interest(chemistry, 2).
interest(biology, 2).
interest(tech, 2).
interest(comp, 3).
interest(logic, 4).
interest(invent, 3).
interest(business, 0).
interest(space, 3).
```

Рис. 19. Приклад однієї з можливостей візуального налаштування системи при її створенні

Приклад введення інформації стосовно бали НМТ та інтересів абітурієнта можна побачити на рис. 20 та рис. 21.

Введіть бали, які Ви отримали за кожен з предметів НМТ.
Бали вказуйте в межах від 100 до 200.
Якщо Ви не здавали якийсь з вибірових предметів, поставте напроти нього 0.

Українська мова та література:
187

Математика:
190

Історія України:
0

Іноземна мова:
188

Біологія:
0

Хімія:
0

Фізика:
200

Рис. 20. Введення користувачем даних про бали, отримані під час проходження національного тестування

Чудово! Тепер, дайте відповіді на деякі запитання стосовно Ваших інтересів/вподобань.
Будь ласка, відповідайте цифрами від 0 до 4:

0 – Не цікавить/Відсутня в житті
1 – Трохи зацікавлений/Не має суттєвого впливу
2 – Доволі зацікавлений/Регулярний вплив
3 – Дуже зацікавлений/Частий вплив
4 – Живу цим!/Постійний вплив

Наскільки Ви зацікавлені в/у науці в цілому?
3

Наскільки Ви зацікавлені в/у математиці?
3

Наскільки Ви зацікавлені в/у фізиці?
4

Наскільки Ви зацікавлені в/у біології?
2

Наскільки Ви зацікавлені в/у хімії?
2

Наскільки Ви зацікавлені в/у сучасних інформаційних технологіях?
2

Наскільки Ви зацікавлені в/у роботі з числами?
3

Наскільки Ви зацікавлені в/у логічному мисленні/будуванні логічних ланцюгів?
4

Наскільки Ви зацікавлені в/у винахідництві/знаходженні нових речей?
3

Наскільки Ви зацікавлені в/у бізнесі?
0

Рис. 21. Приклад введення деяких з оцінок інтересів користувача

Система надає рекомендації, викликаючи предикат `recommend_specialties/0`, код ми вже бачили на рис. 12. Результат роботи експертної системи у разі, коли можна запропонувати спеціальності, та у разі, коли їх не можна запропонувати продемонстровано рис. 22 та рис. 23 відповідно.

4

Наскільки Ви зацікавлені у/в навчанні інших?

3

Рекомендовані спеціальності:

Спеціальність: 113 «Прикладна математика»

Опис: Спеціальність 113 «Прикладна математика» – це застосування математичних методів та алгоритмів у найрізноманітніших галузях науки та техніки.

Мін. бал на бюджет (2023): 157.2

Мін. бал на контракт (2023): 141.7

Можете подати заяву на КОНТРАКТ.

Можете подати заяву на БЮДЖЕТ.

Спеціальність: 091 «Біологія», ОП «Біологія та біохімія»

Опис: «091 Біологія» ОП Біологія та біохімія – має академічну орієнтацію в області біології. Це сучасні наукові знання та вміння в галузі біології та біохімії.

Мін. бал на бюджет (2023): 133.3

Мін. бал на контракт (2023): 147.3

Можете подати заяву на КОНТРАКТ.

Можете подати заяву на БЮДЖЕТ.

Спеціальність: 102 «Хімія», ОП «Хімія»

Опис: 102 Хімія, освітня програма «Хімія» формує фундаментальні знання й уміння інноваційного характеру в галузі хімії та пов'язаних з нею галузях науки та техніки.

Мін. бал на бюджет (2023): 134.1

Мін. бал на контракт (2023): 120

Можете подати заяву на КОНТРАКТ.

Можете подати заяву на БЮДЖЕТ.

Рис. 22. Рекомендовані спеціальності знайдено

Наскільки Ви зацікавлені у/в заходах на свіжому повітрі?

0

Яка участь нестандартного мислення у Вашому житті?

0

Яка участь перфекціонізму у Вашому житті?

3

Яка участь мистецтва у Вашому житті?

4

Наскільки Ви зацікавлені у/в навчанні інших?

3

Вибачте, не можемо надати рекомендації відповідно наданих відповідей.

Рис. 23. Рекомендовані спеціальності не знайдено

3.2. Етап тестування експертної системи

У попередньому розділі, як ми побачили (див. рис. 16, 17, 18), було розглянуто, яким чином система запрошує користувача до введення даних, запобігає неправильно введенним даним, та надає загальні інструкції щодо правильного формату введення.

Очевидно, як і тестування зручності використання експертної системи, вона також пройшла функціональне тестування, оскільки усі вимоги, що були встановлені у розділі 2.1 (див. вище), виконуються (див. розділ 3.1).

Таким чином, можемо впевнено сказати, що тестування виконання експертної системи були проведені успішно.

3.3. Висновки

У ході реалізації експертної системи було здійснено кроки, описані в цьому розділі, що включали в себе наповнення бази знань, розробку інтерфейсу користувача та механізму логічного виведення. Основні висновки за цим розділом включають:

- **Наповнення бази знань:** реалізовано механізм збереження та оновлення інформації щодо предметів, вагомості, інтересів абітурієнтів, спеціальностей та рекомендацій.
- **Інтерфейс користувача:** розроблено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для введення даних абітурієнтів, а також візуалізації рекомендацій.
- **Логічне виведення:** реалізовано механізм логічного виведення, що дозволяє системі генерувати рекомендації на основі аналізу введених даних та бази знань.
- **Тестування:** проведено тестування експертної системи для перевірки її зручності використання та функціональності.

ВИСНОВКИ

В ході виконання курсового проекту з розробки експертної системи для рекомендації спеціальностей абітурієнтам Одеського національного університету імені І. І. Мечникова було здійснено аналіз предметної області, проектування та реалізації програмного забезпечення. Отримані результати та висновки можна сумувати наступним чином:

1) Аналіз предметної області: у проведеному аналізі визначено основні вимоги до експертної системи, враховані існуючі проблеми та переваги аналогів на ринку.

2) Проектування: розроблено структуру та визначено взаємозв'язки між ключовими елементами системи, враховуючи основні функціональні та нефункціональні вимоги.

3) Реалізація: на основі проекту створено експертну систему, що успішно взаємодіє з користувачем, забезпечуючи зручний ввід даних та генерацію індивідуальних рекомендацій.

4) Відомості про достовірність: результати тестування та аналізу підтверджують високу достовірність отриманих рекомендацій, що базуються на інтересах та академічних досяганнях абітурієнтів.

Усе враховуючи, експертна система є ефективним інструментом для вибору спеціальності, сприяючи абітурієнтам у прийнятті інформованих рішень щодо їхнього майбутнього освітнього шляху в Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Chandrasekaran, B. "Generic tasks in knowledge-based reasoning: high-level building blocks for expert systems design". IEEE Expert 1(3), 23-30, 1986.
- [2] Fox, John. (2011). "Formalizing knowledge and expertise: Where have we been and where are we going?". Knowledge Eng. Review. 26. 5-10. 10.1017/S0269888910000342.
- [3] Sergii V. Kadenko (2016). "Можливості та перспективи використання експертних технологій підтримки прийняття рішень у сфері інформаційної безпеки (Prospects and Potential of Expert Decision-making Support Techniques Implementation in Information Security Area). " International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Security". 8-14.
- [4] Towards Data Science. "Expert Systems 2.0. How neural networks are democratizing procedural knowledge." – URL: <https://towardsdatascience.com/expert-systems-2-0-c8c552f6b2d8> (дата звернення: 27.12.2023)
- [5] GitHub. "An expert course advisor system written using Prolog." – URL: https://github.com/martinmogusu/course_advisor (дата звернення: 26.12.2023)
- [6] Абiтyрiєнт ОНУ iмєні І. І. Мєчнiкoвa. – URL: <http://vstup.onu.edu.ua/> (дата звернення: 24.12.2023)
- [7] ОСВІТА.UA. Перелік спеціальностей бакалаврського рівня. – URL: <https://osvita.ua/consultations/spec-bach/62966/> (дата звернення: 24.12.2023)
- [8] SWI-Prolog Documentation. – URL: <https://www.swi-prolog.org/pldoc/> (дата звернення: 24.12.2023)
- [9] The Power of Prolog. – URL: <https://www.metalevel.at/prolog> (дата звернення: 24.12.2023)
- [10] GitHub. " A basic expert system, written in Prolog, that suggests what programming language one should learn first." – URL: <https://github.com/linkyndy/expert-systems> (дата звернення: 26.12.2023)

ДОДАТОК А

Лістинг програмної реалізації експертної системи

```
% ONU Specialty recommendation system
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%% Knowledge base %%  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Dynamic predicates  
:- dynamic nmt_mandatory_score/2.  
:- dynamic nmt_selective_score/2.  
:- dynamic interest/2.  
:- dynamic avg_score/1.
```

```
% Mandatory subjects' coefficients  
mandatory_coefficient(edu_biology, ukr, 0.3).  
mandatory_coefficient(edu_biology, math, 0.35).  
mandatory_coefficient(edu_geography, ukr, 0.3).  
mandatory_coefficient(edu_geography, math, 0.35).  
mandatory_coefficient(land_use_and_valuation, ukr, 0.3).  
mandatory_coefficient(land_use_and_valuation, math, 0.35).  
mandatory_coefficient(geographical_bases_of_nature_management  
_and_regional_and_municipal_development, ukr, 0.3).  
mandatory_coefficient(geographical_bases_of_nature_management  
_and_regional_and_municipal_development, math, 0.35).  
mandatory_coefficient(history, ukr, 0.25).  
mandatory_coefficient(history, math, 0.25).  
mandatory_coefficient(philosophy, ukr, 0.35).  
mandatory_coefficient(philosophy, math, 0.25).  
mandatory_coefficient(culturology, ukr, 0.25).  
mandatory_coefficient(culturology, math, 0.25).  
mandatory_coefficient(ukrainian, ukr, 0.5).  
mandatory_coefficient(ukrainian, math, 0.25).  
mandatory_coefficient(english, ukr, 0.4).  
mandatory_coefficient(english, math, 0.3).  
mandatory_coefficient(english_translation, ukr, 0.4).  
mandatory_coefficient(english_translation, math, 0.3).  
mandatory_coefficient(german, ukr, 0.4).  
mandatory_coefficient(german, math, 0.3).  
mandatory_coefficient(spanish, ukr, 0.4).  
mandatory_coefficient(spanish, math, 0.3).  
mandatory_coefficient(french, ukr, 0.4).  
mandatory_coefficient(french, math, 0.3).  
mandatory_coefficient(applied_linguistics, ukr, 0.4).  
mandatory_coefficient(applied_linguistics, math, 0.3).  
mandatory_coefficient(politology, ukr, 0.35).  
mandatory_coefficient(politology, math, 0.4).  
mandatory_coefficient(psychology, ukr, 0.35).  
mandatory_coefficient(psychology, math, 0.4).
```



```

mandatory_coefficient(journalism, ukr, 0.45).
mandatory_coefficient(journalism, math, 0.3).
mandatory_coefficient(advertisement_and_public_relations,
ukr, 0.45).
mandatory_coefficient(advertisement_and_public_relations,
math, 0.3).
mandatory_coefficient(law, ukr, 0.35).
mandatory_coefficient(law, math, 0.25).
mandatory_coefficient(social_work, ukr, 0.35).
mandatory_coefficient(social_work, math, 0.4).
mandatory_coefficient(economics_and_business_regulation, ukr,
0.35).
mandatory_coefficient(economics_and_business_regulation,
math, 0.4).
mandatory_coefficient(accounting_and_taxation, ukr, 0.35).
mandatory_coefficient(accounting_and_taxation, math, 0.4).
mandatory_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, ukr, 0.35).
mandatory_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, math, 0.4).
mandatory_coefficient(management, ukr, 0.35).
mandatory_coefficient(management, math, 0.4).
mandatory_coefficient(biology_and_biochemistry, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(biology_and_biochemistry, math, 0.35).
mandatory_coefficient(chemistry, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(chemistry, math, 0.35).
mandatory_coefficient(pharmaceutical_chemistry, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(pharmaceutical_chemistry, math, 0.35).
mandatory_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, ukr, 0.35).
mandatory_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, math, 0.4).
mandatory_coefficient(physics_and_astronomy, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(physics_and_astronomy, math, 0.5).
mandatory_coefficient(mathematics, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(mathematics, math, 0.5).
mandatory_coefficient(applied_mathematics, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(applied_mathematics, math, 0.5).
mandatory_coefficient(computer_science, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(computer_science, math, 0.5).
mandatory_coefficient(information_systems_and_technology,
ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(information_systems_and_technology,
math, 0.5).
mandatory_coefficient(biotechnology_and_bioengineering, ukr,
0.35).
mandatory_coefficient(biotechnology_and_bioengineering, math,
0.35).
mandatory_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, math, 0.5).
mandatory_coefficient(horticulture, ukr, 0.35).

```

```

mandatory_coefficient(horticulture, math, 0.4).
mandatory_coefficient(tourism, ukr, 0.4).
mandatory_coefficient(tourism, math, 0.3).
mandatory_coefficient(international_relations_public_communications_and_regional_studies, ukr, 0.4).
mandatory_coefficient(international_relations_public_communications_and_regional_studies, math, 0.3).
mandatory_coefficient(international_economic_relations, ukr, 0.3).
mandatory_coefficient(international_economic_relations, math, 0.4).

% Selective subjects' coefficients
selective_coefficient(edu_biology, history, 0.35).
selective_coefficient(edu_biology, lang, 0.3).
selective_coefficient(edu_biology, bio, 0.5).
selective_coefficient(edu_biology, phys, 0.3).
selective_coefficient(edu_biology, chem, 0.3).
selective_coefficient(edu_geography, history, 0.35).
selective_coefficient(edu_geography, lang, 0.35).
selective_coefficient(edu_geography, bio, 0.35).
selective_coefficient(edu_geography, phys, 0.35).
selective_coefficient(edu_geography, chem, 0.35).
selective_coefficient(land_use_and_valuation, history, 0.35).
selective_coefficient(land_use_and_valuation, lang, 0.35).
selective_coefficient(land_use_and_valuation, bio, 0.35).
selective_coefficient(land_use_and_valuation, phys, 0.35).
selective_coefficient(land_use_and_valuation, chem, 0.35).
selective_coefficient(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, history, 0.35).
selective_coefficient(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, lang, 0.35).
selective_coefficient(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, bio, 0.35).
selective_coefficient(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, phys, 0.35).
selective_coefficient(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, chem, 0.35).
selective_coefficient(history, history, 0.5).
selective_coefficient(history, lang, 0.5).
selective_coefficient(history, bio, 0.2).
selective_coefficient(history, phys, 0.2).
selective_coefficient(history, chem, 0.2).
selective_coefficient(philosophy, history, 0.4).
selective_coefficient(philosophy, lang, 0.4).
selective_coefficient(philosophy, bio, 0.2).
selective_coefficient(philosophy, phys, 0.2).
selective_coefficient(philosophy, chem, 0.2).
selective_coefficient(culturology, history, 0.5).
selective_coefficient(culturology, lang, 0.5).
selective_coefficient(culturology, bio, 0.2).
selective_coefficient(culturology, phys, 0.2).
selective_coefficient(culturology, chem, 0.2).

```

```

selective_coefficient(ukrainian, history, 0.25).
selective_coefficient(ukrainian, lang, 0.25).
selective_coefficient(ukrainian, bio, 0.2).
selective_coefficient(ukrainian, phys, 0.2).
selective_coefficient(ukrainian, chem, 0.2).
selective_coefficient(english, history, 0.3).
selective_coefficient(english, lang, 0.4).
selective_coefficient(english, bio, 0.2).
selective_coefficient(english, phys, 0.2).
selective_coefficient(english, chem, 0.2).
selective_coefficient(english_translation, history, 0.3).
selective_coefficient(english_translation, lang, 0.4).
selective_coefficient(english_translation, bio, 0.2).
selective_coefficient(english_translation, phys, 0.2).
selective_coefficient(english_translation, chem, 0.2).
selective_coefficient(german, history, 0.3).
selective_coefficient(german, lang, 0.4).
selective_coefficient(german, bio, 0.2).
selective_coefficient(german, phys, 0.2).
selective_coefficient(german, chem, 0.2).
selective_coefficient(spanish, history, 0.3).
selective_coefficient(spanish, lang, 0.4).
selective_coefficient(spanish, bio, 0.2).
selective_coefficient(spanish, phys, 0.2).
selective_coefficient(spanish, chem, 0.2).
selective_coefficient(french, history, 0.3).
selective_coefficient(french, lang, 0.4).
selective_coefficient(french, bio, 0.2).
selective_coefficient(french, phys, 0.2).
selective_coefficient(french, chem, 0.2).
selective_coefficient(applied_linguistics, history, 0.3).
selective_coefficient(applied_linguistics, lang, 0.4).
selective_coefficient(applied_linguistics, bio, 0.2).
selective_coefficient(applied_linguistics, phys, 0.2).
selective_coefficient(applied_linguistics, chem, 0.2).
selective_coefficient(politology, history, 0.25).
selective_coefficient(politology, lang, 0.25).
selective_coefficient(politology, bio, 0.2).
selective_coefficient(politology, phys, 0.2).
selective_coefficient(politology, chem, 0.2).
selective_coefficient(psychology, history, 0.25).
selective_coefficient(psychology, lang, 0.25).
selective_coefficient(psychology, bio, 0.4).
selective_coefficient(psychology, phys, 0.2).
selective_coefficient(psychology, chem, 0.2).
selective_coefficient(journalism, history, 0.25).
selective_coefficient(journalism, lang, 0.35).
selective_coefficient(journalism, bio, 0.2).
selective_coefficient(journalism, phys, 0.2).
selective_coefficient(journalism, chem, 0.2).
selective_coefficient(advertisement_and_public_relations,
history, 0.25).

```

```

selective_coefficient(advertisement_and_public_relations,
lang, 0.35).
selective_coefficient(advertisement_and_public_relations,
bio, 0.2).
selective_coefficient(advertisement_and_public_relations,
phys, 0.2).
selective_coefficient(advertisement_and_public_relations,
chem, 0.2).
selective_coefficient(law, history, 0.4).
selective_coefficient(law, lang, 0.4).
selective_coefficient(law, bio, 0.25).
selective_coefficient(law, phys, 0.25).
selective_coefficient(law, chem, 0.25).
selective_coefficient(social_work, history, 0.25).
selective_coefficient(social_work, lang, 0.25).
selective_coefficient(social_work, bio, 0.25).
selective_coefficient(social_work, phys, 0.25).
selective_coefficient(social_work, chem, 0.25).
selective_coefficient(economics_and_business_regulation,
history, 0.25).
selective_coefficient(economics_and_business_regulation,
lang, 0.25).
selective_coefficient(economics_and_business_regulation, bio,
0.2).
selective_coefficient(economics_and_business_regulation,
phys, 0.2).
selective_coefficient(economics_and_business_regulation,
chem, 0.2).
selective_coefficient(accounting_and_taxation, history,
0.25).
selective_coefficient(accounting_and_taxation, lang, 0.25).
selective_coefficient(accounting_and_taxation, bio, 0.2).
selective_coefficient(accounting_and_taxation, phys, 0.2).
selective_coefficient(accounting_and_taxation, chem, 0.2).
selective_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, history, 0.25).
selective_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, lang, 0.25).
selective_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, bio, 0.2).
selective_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, phys, 0.2).
selective_coefficient(finance_banking_insurance_and_stock_mar
ket, chem, 0.2).
selective_coefficient(management, history, 0.25).
selective_coefficient(management, lang, 0.25).
selective_coefficient(management, bio, 0.2).
selective_coefficient(management, phys, 0.2).
selective_coefficient(management, chem, 0.2).
selective_coefficient(biology_and_biochemistry, history,
0.35).
selective_coefficient(biology_and_biochemistry, lang, 0.3).
selective_coefficient(biology_and_biochemistry, bio, 0.5).

```

```

selective_coefficient(biology_and_biochemistry, phys, 0.35).
selective_coefficient(biology_and_biochemistry, chem, 0.35).
selective_coefficient(chemistry, history, 0.35).
selective_coefficient(chemistry, lang, 0.3).
selective_coefficient(chemistry, bio, 0.35).
selective_coefficient(chemistry, phys, 0.35).
selective_coefficient(chemistry, phys, 0.5).
selective_coefficient(pharmaceutical_chemistry, history,
0.35).
selective_coefficient(pharmaceutical_chemistry, lang, 0.3).
selective_coefficient(pharmaceutical_chemistry, bio, 0.35).
selective_coefficient(pharmaceutical_chemistry, phys, 0.35).
selective_coefficient(pharmaceutical_chemistry, chem, 0.5).
selective_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, history, 0.25).
selective_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, lang, 0.3).
selective_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, bio, 0.35).
selective_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, phys, 0.4).
selective_coefficient(marine_geology_hydrogeology_and_enginee
ring_geology, chem, 0.4).
selective_coefficient(physics_and_astronomy, history, 0.2).
selective_coefficient(physics_and_astronomy, lang, 0.3).
selective_coefficient(physics_and_astronomy, bio, 0.25).
selective_coefficient(physics_and_astronomy, phys, 0.5).
selective_coefficient(physics_and_astronomy, chem, 0.3).
selective_coefficient(mathematics, history, 0.2).
selective_coefficient(mathematics, lang, 0.2).
selective_coefficient(mathematics, bio, 0.2).
selective_coefficient(mathematics, phys, 0.4).
selective_coefficient(mathematics, chem, 0.2).
selective_coefficient(applied_mathematics, history, 0.2).
selective_coefficient(applied_mathematics, lang, 0.3).
selective_coefficient(applied_mathematics, bio, 0.2).
selective_coefficient(applied_mathematics, phys, 0.4).
selective_coefficient(applied_mathematics, chem, 0.4).
selective_coefficient(computer_science, history, 0.2).
selective_coefficient(computer_science, lang, 0.3).
selective_coefficient(computer_science, bio, 0.2).
selective_coefficient(computer_science, phys, 0.4).
selective_coefficient(computer_science, chem, 0.2).
selective_coefficient(information_systems_and_technology,
history, 0.2).
selective_coefficient(information_systems_and_technology,
lang, 0.3).
selective_coefficient(information_systems_and_technology,
bio, 0.2).
selective_coefficient(information_systems_and_technology,
phys, 0.4).
selective_coefficient(information_systems_and_technology,
chem, 0.2).

```

```

selective_coefficient(biotechnology_and_bioengineering,
history, 0.3).
selective_coefficient(biotechnology_and_bioengineering, lang,
0.3).
selective_coefficient(biotechnology_and_bioengineering, bio,
0.5).
selective_coefficient(biotechnology_and_bioengineering, phys,
0.5).
selective_coefficient(biotechnology_and_bioengineering, chem,
0.5).
selective_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, history, 0.2).
selective_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, lang, 0.25).
selective_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, bio, 0.2).
selective_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, phys, 0.5).
selective_coefficient(automation_computer_integrated_technolo
gies_and_robotics, chem, 0.2).
selective_coefficient(horticulture, history, 0.25).
selective_coefficient(horticulture, lang, 0.35).
selective_coefficient(horticulture, bio, 0.5).
selective_coefficient(horticulture, phys, 0.4).
selective_coefficient(horticulture, chem, 0.4).
selective_coefficient(tourism, history, 0.3).
selective_coefficient(tourism, lang, 0.5).
selective_coefficient(tourism, bio, 0.35).
selective_coefficient(tourism, phys, 0.25).
selective_coefficient(tourism, chem, 0.25).
selective_coefficient(international_relations_public_communic
ations_and_regional_studies, history, 0.3).
selective_coefficient(international_relations_public_communic
ations_and_regional_studies, lang, 0.5).
selective_coefficient(international_relations_public_communic
ations_and_regional_studies, bio, 0.2).
selective_coefficient(international_relations_public_communic
ations_and_regional_studies, phys, 0.2).
selective_coefficient(international_relations_public_communic
ations_and_regional_studies, chem, 0.2).
selective_coefficient(international_economic_relations,
history, 0.3).
selective_coefficient(international_economic_relations, lang,
0.5).
selective_coefficient(international_economic_relations, bio,
0.2).
selective_coefficient(international_economic_relations, phys,
0.2).
selective_coefficient(international_economic_relations, chem,
0.2).

% Min. budget scores of 2023
min_budget_score(edu_biology, 157.3).

```

```

min_budget_score(edu_geography, 146.7).
min_budget_score(land_use_and_valuation, 155).
min_budget_score(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, 146.7).
min_budget_score(history, 168.2).
min_budget_score(philosophy, 163.6).
min_budget_score(culturology, 166.4).
min_budget_score(ukrainian, 161.2).
min_budget_score(english, 165.3).
min_budget_score(english_translation, 178.4).
min_budget_score(german, 177.4).
min_budget_score(spanish, 177.0).
min_budget_score(french, 175.7).
min_budget_score(applied_linguistics, 178.8).
min_budget_score(politology, 145.4).
min_budget_score(psychology, 164.3).
min_budget_score(journalism, 181.0).
min_budget_score(advertisement_and_public_relations, 0).
min_budget_score(law, 181.0).
min_budget_score(social_work, 142.3).
min_budget_score(economics_and_business_regulation, 173.5).
min_budget_score(accounting_and_taxation, 170.3).
min_budget_score(finance_banking_insurance_and_stock_market, 171.2).
min_budget_score(management, 146.5).
min_budget_score(biology_and_biochemistry, 133.3).
min_budget_score(chemistry, 134.1).
min_budget_score(pharmaceutical_chemistry, 132.0).
min_budget_score(marine_geology_hydrogeology_and_engineering_geology, 137.2).
min_budget_score(physics_and_astronomy, 143.6).
min_budget_score(mathematics, 144.7).
min_budget_score(applied_mathematics, 157.2).
min_budget_score(computer_science, 195.2).
min_budget_score(politology, 160.8).
min_budget_score(politology, 157.6).
min_budget_score(politology, 153.7).
min_budget_score(horticulture, 142.1).
min_budget_score(tourism, 169.5).
min_budget_score(international_relations_public_communications_and_regional_studies, 167.5).
min_budget_score(international_economic_relations, 187.2).

% Min. contract scores of 2023
min_contract_score(edu_biology, 135.3).
min_contract_score(edu_geography, 138.9).
min_contract_score(land_use_and_valuation, 138.9).
min_contract_score(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development, 141.3).
min_contract_score(history, 138.6).
min_contract_score(philosophy, 148.0).
min_contract_score(culturology, 128.7).
min_contract_score(ukrainian, 146.4).

```

```

min_contract_score(english, 122.8).
min_contract_score(english_translation, 150.0).
min_contract_score(german, 144.4).
min_contract_score(spanish, 149.6).
min_contract_score(french, 145.3).
min_contract_score(applied_linguistics, 139.9).
min_contract_score(politology, 116.0).
min_contract_score(psychology, 116.8).
min_contract_score(journalism, 131.6).
min_contract_score(advertisement_and_public_relations,
139.8).
min_contract_score(law, 126.5).
min_contract_score(social_work, 124.7).
min_contract_score(economics_and_business_regulation, 133.5).
min_contract_score(accounting_and_taxation, 146.5).
min_contract_score(finance_banking_insurance_and_stock_market
, 134.3).
min_contract_score(management, 127.2).
min_contract_score(biology_and_biochemistry, 147.3).
min_contract_score(chemistry, 120).
min_contract_score(pharmaceutical_chemistry, 120).
min_contract_score(marine_geology_hydrogeology_and_engineerin
g_geology, 120).
min_contract_score(physics_and_astronomy, 136.4).
min_contract_score(mathematics, 120).
min_contract_score(applied_mathematics, 141.7).
min_contract_score(computer_science, 131.0).
min_contract_score(politology, 129.8).
min_contract_score(politology, 143.5).
min_contract_score(politology, 120.0).
min_contract_score(horticulture, 120).
min_contract_score(tourism, 136.2).
min_contract_score(international_relations_public_communicati
ons_and_regional_studies, 125.6).
min_contract_score(international_economic_relations, 133.5).

```

```

correlate_interest(Interest, Threshold) :-
    interest(Interest, ILevel), ILevel >= Threshold.

```

```

correlate_any_interest(I1, I2, I3, I4, Threshold) :-
    interest(I1, I1Level), I1Level >= Threshold;
    interest(I2, I2Level), I2Level >= Threshold;
    interest(I3, I3Level), I3Level >= Threshold;
    interest(I4, I4Level), I4Level >= Threshold.

```

```

field(agriculture) :-
    correlate_interest(food, 3),
    correlate_interest(outdoor, 2),
    correlate_interest(biology, 3).

```

```

field(education) :-

```



```

correlate_interest(otb, 2),
correlate_interest(art, 1),
correlate_interest(teach, 3),
correlate_interest(social, 3).

field(engineering) :-
    correlate_interest(math, 3),
    correlate_interest(tech, 3),
    correlate_interest(logic, 2),
    correlate_interest(invent, 3).

field(finance) :-
    correlate_interest(math, 2),
    correlate_interest(stress, 3),
    correlate_interest(social, 2),
    correlate_interest(business, 2).

field(humanities) :-
    correlate_interest(social, 2),
    correlate_interest(nontech, 2),
    correlate_any_interest(languages, history, culture, _,
3).

field(social_sciences) :-
    correlate_interest(art, 2),
    correlate_interest(social, 3),
    correlate_interest(serving, 3).

field(international_relations) :-
    correlate_interest(social, 3),
    correlate_interest(serving, 2),
    correlate_interest(politics, 4),
    correlate_interest(perfection, 2).

field(it) :-
    correlate_interest(otb, 2),
    correlate_interest(tech, 3),
    correlate_interest(comp, 3),
    correlate_interest(logic, 3),
    correlate_interest(invent, 2),
    correlate_interest(stress, 1).

field(mathematics) :-
    correlate_interest(art, 1),
    correlate_interest(otb, 2),
    correlate_interest(math, 4),
    correlate_interest(logic, 3),
    correlate_interest(stress, 2),
    correlate_interest(perfection, 3),
    correlate_any_interest(science, business, _, _, 3).

field(natural_sciences) :-
    correlate_interest(art, 1),

```

```

correlate_interest(otb, 2),
correlate_interest(science, 3),
correlate_interest(perfection, 3),
correlate_any_interest(physics, biology, chemistry, _,
3).

```

```

field(service) :-
    correlate_interest(social, 2),
    correlate_interest(serving, 3),
    correlate_interest(business, 3).

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Inference engine %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

% Predicate to decide whether an enrolle can choose a
specialty

```

```

can_apply_spec(Specialty) :-
    % Get the coefficients for mandatory subjects
    mandatory_coefficient(Specialty, Subject1, C1),
    mandatory_coefficient(Specialty, Subject2, C2),
    dif(Subject1, Subject2),

    % Get the scores for mandatory subjects
    nmt_mandatory_score(Subject1, Score1),
    nmt_mandatory_score(Subject2, Score2),

    % Find the chosen subject with the maximum product of
score and coefficient
    findall(Coeff * Score, (
        selective_coefficient(Specialty, ChosenSubject,
Coeff),
        nmt_selective_score(ChosenSubject, Score)
    ), ChosenSubjectList),

    % Check if there are valid chosen subjects
    ChosenSubjectList \= [],

    % Find the chosen subject with the maximum product
    % max_member(* (C3, MaxScore), ChosenSubjectList),
    max_product(ChosenSubjectList, C3, MaxScore),

    % Calculate the average mark
    AverageScore is (C1 * Score1 + C2 * Score2 + C3 *
MaxScore) / (C1 + C2 + C3) * 1.04,
    assertz(avg_score(AverageScore)),

    (min_budget_score(Specialty, MinBudgetScore),
AverageScore > MinBudgetScore;
    min_contract_score(Specialty, MinContractScore),
AverageScore > MinContractScore).

```

```

% Predicate to find the maximum product in the list
max_product(ProductList, MaxCoeff, MaxScore) :-
    findall(Product, (
        member(Coeff* Score, ProductList),
        product(Coeff, Score, Product)
    ), Products),
    max_member(MaxProduct, Products),
    nth0(Index, Products, MaxProduct),
    nth0(Index, ProductList, MaxCoeff * MaxScore).

% Predicate to calculate the product `coeff * score`
product(Coeff, Score, Product) :-
    Product is Coeff * Score.

% 014.05 Середня освіта (біологія та здоров'я людини)
can_apply(edu_biology) :-
    can_apply_spec(edu_biology),
    field(education).

% 014.07 Середня освіта (Географія)
can_apply(edu_geography) :-
    can_apply_spec(edu_geography),
    field(education).

% 032 Історія та археологія
can_apply(history) :-
    can_apply_spec(history),
    field(humanities).

% 033 Філософія
can_apply(philosophy) :-
    can_apply_spec(philosophy),
    field(humanities).

% 034 Культурологія
can_apply(culturology) :-
    can_apply_spec(culturology),
    field(humanities).

% 035.01 Філологія. Українська мова та література
can_apply(ukrainian) :-
    can_apply_spec(ukrainian),
    field(humanities).

% 035.041 Філологія. перша - англійська
can_apply(english) :-
    can_apply_spec(english),
    field(humanities).

% 035.041 Філологія. Переклад з англійської мови та другої
іноземної українською
can_apply(english_translation) :-

```

```

        can_apply_spec(english_translation),
        field(humanities).

% 035.043 Філологія. перша - німецька
can_apply(german) :-
    can_apply_spec(german),
    field(humanities).

% 035.051 Філологія. перша - іспанська
can_apply(spanish) :-
    can_apply_spec(spanish),
    field(humanities).

% 035.055 Філологія. перша - французька
can_apply(french) :-
    can_apply_spec(french),
    field(humanities).

% 035.10 Прикладна лінгвістика
can_apply(applied_linguistics) :-
    can_apply_spec(applied_linguistics),
    field(humanities).

% 052 Політологія
can_apply(politology) :-
    can_apply_spec(politology),
    field(social_sciences).

% 053 Психологія
can_apply(psychology) :-
    can_apply_spec(psychology),
    field(social_sciences).

% 061 Журналістика
can_apply(journalism) :-
    can_apply_spec(journalism),
    field(social_sciences).

% 061 Журналістика: Реклама та зв'язки з громадськістю
can_apply(advertisement_and_public_relations) :-
    can_apply_spec(advertisement_and_public_relations),
    field(social_sciences).

% 081 Право
can_apply(law) :-
    can_apply_spec(law),
    field(social_sciences).

% 231 Соціальна робота
can_apply(social_work) :-
    can_apply_spec(social_work),
    field(social_sciences).

```

```

% 051 Економіка. Економіка та правове регулювання бізнесу
can_apply(economics_and_business_regulation) :-
    can_apply_spec(economics_and_business_regulation),
    field(finance).

% 071 Облік і оподаткування
can_apply(accounting_and_taxation) :-
    can_apply_spec(accounting_and_taxation),
    field(finance).

% 072 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий
ринок
can_apply(finance_banking_insurance_and_stock_market) :-

can_apply_spec(finance_banking_insurance_and_stock_market),
    field(finance).

% 073 Менеджмент
can_apply(management) :-
    can_apply_spec(management),
    field(finance).

% 091 Біологія та біохімія
can_apply(biology_and_biochemistry) :-
    can_apply_spec(biology_and_biochemistry),
    field(natural_sciences).

% 102 Хімія
can_apply(chemistry) :-
    can_apply_spec(chemistry),
    field(natural_sciences).

% 102 Фармацевтична хімія
can_apply(pharmaceutical_chemistry) :-
    can_apply_spec(pharmaceutical_chemistry),
    field(natural_sciences).

% 103 Науки про Землю. Морська геологія, гідрогеологія та
інженерна геологія
can_apply(marine_geology_hydrogeology_and_engineering_geology
) :-

can_apply_spec(marine_geology_hydrogeology_and_engineering_ge
ology),
    field(natural_sciences).

% 104 Фізика та астрономія
can_apply(physics_and_astronomy) :-
    can_apply_spec(physics_and_astronomy),
    field(natural_sciences).

% 106 Географія. Землекористування і оцінка земель
can_apply(land_use_and_valuation) :-

```

```

        can_apply_spec(land_use_and_valuation),
        field(natural_sciences).

% 106 Географія. Географічні основи природокористування та
регіонального і муніципального розвитку
can_apply(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development) :-

can_apply_spec(geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_municipal_development),
        field(natural_sciences).

% 111 Математика
can_apply(mathematics) :-
        can_apply_spec(mathematics),
        field(mathematics).

% 113 Прикладна математика
can_apply(applied_mathematics) :-
        can_apply_spec(applied_mathematics),
        field(mathematics).

% 122 Комп'ютерні науки
can_apply(computer_science) :-
        can_apply_spec(computer_science),
        field(it).

% 123 Комп'ютерна інженерія
can_apply(computer_engineering) :-
        can_apply_spec(computer_engineering),
        field(it).

% 126 Інформаційні системи та технології
can_apply(information_systems_and_technology) :-
        can_apply_spec(information_systems_and_technology),
        field(it).

% 162 Біотехнології та біоінженерія
can_apply(biotechnology_and_bioengineering) :-
        can_apply_spec(biotechnology_and_bioengineering),
        field(engineering).

% 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
can_apply(automation_computer_integrated_technologies_and_robotics) :-

can_apply_spec(automation_computer_integrated_technologies_and_robotics),
        field(engineering).

% 206 Садово-паркове господарство
can_apply(horticulture) :-

```

```

        can_apply_spec(horticulture),
        field(agriculture).

% 242 Туризм
can_apply(tourism) :-
    can_apply_spec(tourism),
    field(service).

% 291 Міжнародні відносини, суспільні комунікації та
регіональні студії
can_apply(international_relations_public_communications_and_r
egional_studies) :-

can_apply_spec(international_relations_public_communications_
and_regional_studies),
    field(international_relations).

% 292 Міжнародні економічні відносини
can_apply(international_economic_relations) :-
    can_apply_spec(international_economic_relations),
    field(international_relations).

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Explanation module %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

info_spec(
    edu_biology,
    "014.05 «Середня освіта. Біологія та здоров'я людини»",
    ...
).

info_spec(
    edu_geography,
    "014.07 «Середня освіта. Географія»",
    ...
).

info_spec(
    history,
    "032 «Історія та археологія»",
    ...
).

info_spec(
    philosophy,
    "033 «Філософія»",
    ...
).

info_spec(
    culturology,

```

```

        "034 «Культурологія»,
        "...
    ).

    info_spec(
        ukrainian,
        "035 «Філологія», ОП 035.01 «Українська мова та
література»,
        "...
    ).

    info_spec(
        english,
        "035 «Філологія», ОП 035.041 «Германські мови та
літератури (переклад включно), перша – англійська»,
        "...
    ).

    info_spec(
        english_translation,
        "035 «Філологія», ОП 035.041 «Переклад з англійської мови
та другої іноземної українською»,
        "...
    ).

    info_spec(
        german,
        "035 «Філологія», ОП 035.043 «Філологія. перша –
німецька»,
        "...
    ).

    info_spec(
        spanish,
        "035 «Філологія», ОП 035.051 «Філологія. перша –
іспанська»,
        "...
    ).

    info_spec(
        french,
        "035 «Філологія», ОП 035.055 «Філологія. перша –
французька»,
        "...
    ).

    info_spec(
        applied_linguistics,
        "035 «Філологія», ОП 035.10 «Прикладна лінгвістика»,
        "...
    ).

    info_spec(

```



```

        politology,
        "052 «Політологія»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        psychology,
        "053 «Психологія»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        journalism,
        "061 «Журналістика», ОП «Журналістика»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        advertisement_and_public_relations,
        "061 «Журналістика», ОП «Реклама та зв`язки з
        громадськістю»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        law,
        "081 «Право»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        social_work,
        "231 «Соціальна робота»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        economics_and_business_regulation,
        "051 «Економіка», ОП «Економіка та правове регулювання
        бізнесу»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        accounting_and_taxation,
        "071 «Облік і оподаткування», ОП «Облік і
        оподаткування»",
        "...")
    ).

    info_spec(
        finance_banking_insurance_and_stock_market,

```

```

    "072 «Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий
ринок»",
    "...".
).

info_spec(
    management,
    "073 «Менеджмент»",
    "...".
).

info_spec(
    biology_and_biochemistry,
    "091 «Біологія», ОП «Біологія та біохімія»",
    "...".
).

info_spec(
    chemistry,
    "102 «Хімія», ОП «Хімія»",
    "...".
).

info_spec(
    pharmaceutical_chemistry,
    "102 «Хімія», ОП «Фармацевтична хімія»",
    "...".
).

info_spec(
    marine_geology_hydrogeology_and_engineering_geology,
    "103 «Науки про Землю», ОП «Морська геологія,
гідрогеологія та інженерна геологія»",
    "...".
).

info_spec(
    physics_and_astronomy,
    "104 «Фізика та астрономія»",
    "...".
).

info_spec(
    land_use_and_valuation,
    "106 «Географія», ОП «Землекористування і оцінка
земель»",
    "...".
).

info_spec(
    geographical_bases_of_nature_management_and_regional_and_muni
cipal_development,

```

```

        "106 «Географія», ОП «Географічні основи
природокористування та регіонального і муніципального
розвитку»",
        "...
    ).

    info_spec(
        mathematics,
        "111 «Математика»",
        "...
    ).

    info_spec(
        applied_mathematics,
        "113 «Прикладна математика»",
        "...
    ).

    info_spec(
        computer_science,
        "122 «Комп'ютерні науки»",
        "...
    ).

    info_spec(
        computer_engineering,
        "123 «Комп'ютерна інженерія»",
        "...
    ).

    info_spec(
        information_systems_and_technology,
        "126 «Інформаційні системи та технології»",
        "...
    ).

    info_spec(
        biotechnology_and_bioengineering,
        "162 «Біотехнології та біоінженерія»",
        "...
    ).

    info_spec(
        automation_computer_integrated_technologies_and_robotics,
        "174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»",
        "...
    ).

    info_spec(
        horticulture,
        "206 «Садово-паркове господарство»",
        "...

```

```

).

info_spec(
    tourism,
    "242 «Туризм»",
    "...")
).

info_spec(
    international_economic_relations,
    "292 «Міжнародні економічні відносини»",
    "...")
).

info(Specialty) :-
    info_spec(Specialty, Title, Description),
    avg_score(AverageScore),
    min_budget_score(Specialty, MinBudgetScore),
    min_contract_score(Specialty, MinContractScore),
    format("Спеціальність: ~w~nОпис: ~w~nМін. бал на бюджет
(2023): ~w~nМін. бал на контракт (2023): ~w~n~n", [Title,
Description, MinBudgetScore, MinContractScore]),
    min_contract_score(Specialty, MinContractScore),
    AverageScore > MinContractScore, writeln("Можете подати заяву
на КОНТРАКТ."),
    min_budget_score(Specialty, MinBudgetScore),
    MinBudgetScore \= 0, AverageScore > MinBudgetScore,
    writeln("Можете подати заяву на БЮДЖЕТ.\n"), !.

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% User interface %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

consult :-
    intro,
    reset_answers,
    menu,
    % listing(nmt_mandatory_score),
    % listing(nmt_selective_score),
    % listing(interest),
    recommend_specialties, nl.

intro :-
    writeln("Яку спеціальність я можу обрати при вступі до
ОНУ?"),
    writeln("Щоб відповісти на це питання, дайте відповіді на
поставлені нижче запитання, закінчуючи символом крапки
('.')."), nl.

% Clear stored user progress reset_answers must always return
`true`;
% because `clear` can return either `true` or `false`,

```

```

% we fail the first and succeed with the second.
reset_answers :-
    retractall(nmt_mandatory_score(_, _)),
    retractall(nmt_selective_score(_, _)),
    retractall(interest(_, _)),
    fail.
reset_answers.

menu :-
    score_instructions,
    prompt_mandatory_score(ukr, "Українська мова та
література"),
    prompt_mandatory_score(math, "Математика"),
    prompt_selective_score(hist, "Історія України"),
    prompt_selective_score(lang, "Іноземна мова"),
    prompt_selective_score(bio, "Біологія"),
    prompt_selective_score(chem, "Хімія"),
    prompt_selective_score(phys, "Фізика"),

    interest_instructions,
    prompt_interest(science, "науці в цілому"),
    prompt_interest(math, "математиці"),
    prompt_interest(physics, "фізиці"),
    prompt_interest(chemistry, "біології"),
    prompt_interest(biology, "хімії"),
    prompt_interest(tech, "сучасних інформаційних
технологіях"),
    prompt_interest(comp, "роботі з числами"),
    prompt_interest(logic, "логічному мисленні/будуванні
логічних ланцюгів"),
    prompt_interest(invent, "винахідництві/знаходженні нових
речей"),
    prompt_interest(business, "бізнесі"),
    prompt_engagement(stress, "стресу"),
    prompt_interest(nontech, "нетехнічних (гуманітарних)
напрямок"),
    prompt_interest(languages, "вивченні нових (людських)
мов"),
    prompt_interest(history, "історії"),
    prompt_interest(culture, "вивченні культур різних
країн"),
    prompt_interest(psychology, "вивченні психології
людини"),
    prompt_engagement(social, "соціальних взаємодій"),
    prompt_interest(politics, "політиці"),
    prompt_engagement(serving, "допомоги іншим людям"),
    prompt_interest(food, "напрямок, пов'язаних із
виробництвом/обробкою/продажем/тощо їжі"),
    prompt_interest(outdoor, "заходах на свіжому повітрі"),
    prompt_engagement(otb, "нестандартного мислення"),
    prompt_engagement(perfection, "перфекціонізму"),
    prompt_engagement(art, "мистецтва"),
    prompt_interest(teach, "навчанні інших").

```

```

score_instructions :-
    writeln("Введіть бали, які Ви отримали за кожен з
предметів НМТ."),
    writeln("Бали вказуйте в межах від 100 до 200."),
    writeln("Якщо Ви не здавали якийсь з вибіркових
предметів, поставте напроти нього 0."), nl.

prompt_mandatory_score(Subject, Title) :-
    repeat,
    format("~w: ", [Title]),
    read(Score),
    (   number(Score), integer(Score), (Score >= 100, Score
=< 200; Score == 0)
    -> assertz(nmt_mandatory_score(Subject, Score)), !
    ;   writeln('Invalid input. Please enter a valid
number. '), fail
    ).

prompt_selective_score(Subject, Title) :-
    repeat,
    format("~w: ", [Title]),
    read(Score),
    (   number(Score), integer(Score), (Score >= 100, Score
=< 200; Score == 0)
    -> assertz(nmt_selective_score(Subject, Score)), !
    ;   writeln('Invalid input. Please enter a valid
score. '), fail
    ).

interest_instructions :-
    nl, writeln("Чудово! Тепер, дайте відповіді на деякі
запитання стосовно Ваших інтересів/вподобань."),
    writeln("Будь ласка, відповідайте цифрами від 0 до 4:"),
    writeln("0 - Не цікавить/Відсутня в житті"),
    writeln("1 - Трохи зацікавлений/Не має суттєвого
впливу"),
    writeln("2 - Доволі зацікавлений/Регулярний вплив"),
    writeln("3 - Дуже зацікавлений/Частий вплив"),
    writeln("4 - Живу цим!/Постійний вплив"), nl.

prompt_interest(Interest, Title) :-
    repeat,
    write("Наскільки Ви зацікавлені у/в "),
    write(Title),
    write("? "),
    read(InterestLevel),
    (   number(InterestLevel), integer(InterestLevel),
InterestLevel >= 0, InterestLevel <= 4
    -> assertz(interest(Interest, InterestLevel)), !
    ;   writeln('Invalid input. Please enter a valid
option. '), fail
    ).

```

```

prompt_engagement(Interest, Title) :-
    repeat,
    write("Яка участь "),
    write(Title),
    write(" у Вашому житті? "),
    read(EngagementLevel),
    (
        number(EngagementLevel), integer(EngagementLevel),
        EngagementLevel >= 0, EngagementLevel =< 4
    -> assertz(interest(Interest, EngagementLevel)), !
        ;
        writeln('Invalid input. Please enter a valid
option. '), fail
    ).

recommend_specialties :-
    (setof(X, can_apply(X), Specialties) ->
        (Specialties = [] ->
            writeln("Вибачте, не можемо надати рекомендації
відповідно наданих відповідей.")
            ;
            writeln("\nРекомендовані спеціальності:"),
            forall(member(X, Specialties), info(X))
        )
        ;
        writeln("Вибачте, не можемо надати рекомендації
відповідно наданих відповідей.")
    ).

```