

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Практикум
з дисципліни
«МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»
для студентів напряму підготовки
6.050101 «Комп'ютерні науки»
всіх форм навчання



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Практикум
з дисципліни
«МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»
для студентів напряму підготовки
6.050101 «Комп'ютерні науки»
всіх форм навчання

Затверджено
на засіданні кафедри
інформаційних технологій проектування,
протокол № 7 від 10.02.2011 р.,
та Методичною радою ЧДТУ,
протокол № 55 від 11.04.2011 р.

Черкаси



2011

Укладачі: **Єгорова О. В.**
Снитюк В. Є., д.т.н.

Рецензент: Тимченко А.А., д.т.н., професор

Практикум з дисципліни «Методи і системи штучного інтелекту» для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» всіх форм навчання [Текст] / Укл. О. В. Єгорова, В. Є. Снитюк; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси, ЧДТУ, 2011. – 63 с.

Практикум спрямований на формування у студентів вмінь щодо формалізації інтелектуальних задач, визначення відповідних методів їх розв'язання та набуття практичних навичок у застосуванні елементів теорії штучного інтелекту до вирішення практичних проблем і розв'язання задач.

Для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» всіх форм навчання.

Навчальне видання

Практикум
з дисципліни «Методи і системи штучного інтелекту»
для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»
всіх форм навчання

В авторській редакції

Формат 60x84 1/16. Папір офс. Гарн. Times New Roman. Друк оперативн.
Ум. друк. арк. 3,72. Обл.-вид. арк. 4,0. Вид. № 1199. Зам. №

Черкаський державний технологічний університет
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002 р.
Надруковано в редакційно-видавничому центрі ЧДТУ
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.

ВСТУП

Протягом багатьох тисяч років люди намагаються зрозуміти, як вони думають, тобто з'ясувати, як саме людині вдається відчувати, розуміти, прогнозувати та керувати світом, що є значно більшим за розмірами та складніше влаштований, ніж сама людина.

Як наслідок такої діяльності з'явився новий напрям науки – штучний інтелект. Перші розробки у цьому напрямку розпочалися незабаром після Другої світової війни, а назва була запропонована у 1956 році. Штучний інтелект трактує здатність автоматизованих систем брати на себе окремі функції інтелекту людини, приймати оптимальні рішення на основі раніше одержаного досвіду і раціонального аналізу зовнішніх впливів. Фахівці у галузі штучного інтелекту намагаються не лише з'ясувати природу інтелекту, але й створювати інтелектуальні сутності.

Не викликає сумніву той факт, що створення повноцінного штучного інтелекту відкриває нові перспективи розвитку людства, основою якого є знання.

Метою вивчення дисципліни є підготовка фахівців у галузі автоматизації розв'язання слабо структурованих задач, які сьогодні є прерогативою людини.

Головним завданням дисципліни є набуття знань про способи мислення людини та методи їх реалізації.

Метою практичних робіт є набуття студентами практичних навичок щодо формалізації інтелектуальних задач, зокрема, опису проблемних середовищ агентів; оволодіння стратегіями неінформативного та інформованого розв'язання задач пошуку; подання знань у вигляді фреймів, логічних та продукційних моделей; проектування експертних систем та побудови онтологій.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: Інтелектуальність та інтелектуальні агенти.

Мета: Навчитися описувати проблемні середовища агентів задачі.

Перелік питань, які студент повинен знати: інтелект, інтелектуальність, штучний інтелект, інтелектуальні агенти, проблемне середовище, якісна поведінка раціональних агентів.

Короткі теоретичні відомості

В енциклопедіях та словниках наводиться визначення інтелекту, виходячи з того, що він є або об'єктом, або способом, або процесом.

Інтелект означає розум, здатність людини мислити; є поняттям, що об'єднує в собі пам'ять та мислення, визначає раціональне пізнання – дозволяє прогнозувати майбутні процеси. Інтелект є вищою формою пізнання і відрізняється від інших форм поведінки – інстинкту та навичок.

Інтелект – це здатність мозку розв'язувати інтелектуальні задачі шляхом набуття, запам'ятовування та цілеспрямованого перетворення знань в процесі навчання, виходячи з досвіду, інтуїції та адаптації до обставин.

Штучним інтелектом називається розділ інформатики, що вивчає алгоритмічну реалізацію способів розв'язання задач людиною. Іншими словами, в штучному інтелекті вивчаються способи розв'язання задач комп'ютером, які не мають явного алгоритмічного розв'язку.

Штучний інтелект трактує здатність автоматизованих систем брати на себе окремі функції інтелекту людини, приймати оптимальні рішення на основі раніше одержаного досвіду і раціонального аналізу зовнішніх впливів.

Інтелектуальність – це глибина суджень, духовна зрілість, що виникають як результат активного пізнання дійсності, самостійного осмислення життєвих процесів.

Агентом називається така сутність, яка здатна сприймати впливи навколишнього середовища і реагувати на них (рис .1).

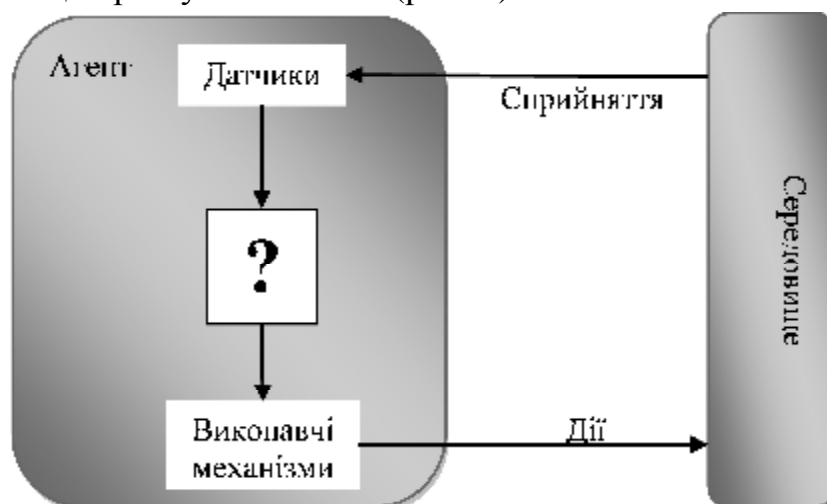


Рис. 1 – Механізм взаємодії агента із середовищем

Інтелектуальним агентом називається така сутність, яка здатна сприймати впливи навколишнього середовища і розумно реагувати на них з певною вигодою для себе.

Приклад 1. Розглянемо середовище, у якому працює пакувальник шоколадних плиток (рис. 2). Видається можливим описати все, що відбувається у цьому середовищі, оскільки воно є простим; крім того, це середовище створене людиною, тому існує безліч варіантів його організації. Вважатимемо, що існує лише два місцезнаходження шоколадних плиток на стрічковому конвеєрі: квадрати А і В. Пакувальник, що виконує роль агента, сприймає у якому квадраті він працює та чи наявні у цьому квадраті плитки для пакування. Агент здатний виконувати такі дії: пересувати загорнуті плитки ліворуч або праворуч, пакувати шоколадні плитки або перебувати у стані спокою. Функція агента полягає у тому, щоб запакувати об'єкт, якщо такий буде виявлено у поточному квадраті, інакше перейти до іншого квадрату.

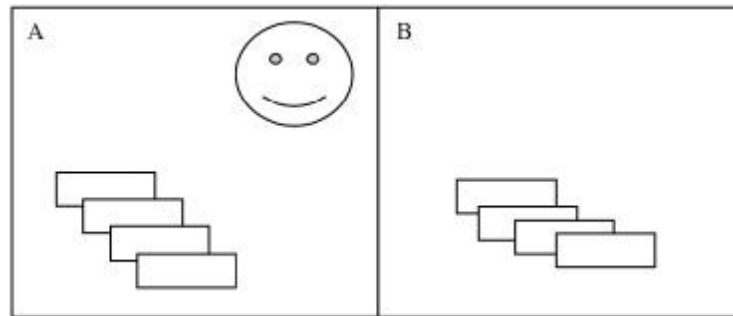


Рис. 2 – Середовище пакувальника шоколадних плиток

Інтелектуальний агент має певну структуру. Вона містить два елементи – архітектуру і програму, позначається:

$$\text{Агент} = \text{Архітектура} + \text{Програма},$$

де *Архітектура* – це виконавчі механізми, які здатні реагувати на навколишнє середовище таким чином, щоб сприймати його вплив і виконувати відповідні дії; *Програмою* називається певний алгоритм дій за яким функціонує агент в тій чи іншій ситуації.

Атрибутами агента є функція та програма. Функцією називається сукупність дії, які виконуються агентом. Програма – це алгоритм дії агента.

Агент вважається інтелектуальним, якщо він:

- має знання про навколишнє середовище;
- здатний виконувати певний перелік дій;
- має перелік актів сприйняття зовнішнього світу;
- визначається показниками ефективності.

Агент функціонує у проблемному середовищі. **Проблемним середовищем** називається сукупність показників ефективності, середовище, механізми реалізації та датчиків агента.

Приклад 2. Визначимо та опишемо проблемне середовище пакувальника кондитерських виробів.

Таблиця 1

Характеристика проблемного середовища пакувальника кондитерських виробів

Тип агента	Показники ефективності	Середовище	Виконавчі механізми	Датчики
Пакувальник кондитерських виробів	Відсоткові показники якісного пакування виробів	Стрічковий конвеєр, по якому рухаються кондитерські вироби	Шарнірний маніпулятор та захоплювач	Відеокамера, датчик кутів повороту шарнірів

Проблемні середовища бувають:

- повністю або частково спостережними;
- детермінованими, стохастичними;
- статичними, динамічними;
- епізодичними, послідовними;
- дискретними або неперервними;
- одноагентними або мультиагентними.

Повністю спостережним називається проблемне середовище, у якому агент володіє повною інформацією про стан цього середовища в будь-який момент часу. В іншому випадку середовище є частково спостережним.

Детермінованим називається проблемне середовище, у якому наступний стан середовища повністю визначається поточним станом середовища та виконаними агентом діями. В протилежному випадку середовище є стохастичним.

Динамічним називається середовище, яке змінюється у процесі вибору агентом наступної дії. В протилежному випадку середовище є статичним.

У епізодичному проблемному середовищі досвід агента складається із цілісної сукупності епізодів. Кожний епізод містить сприйняте агентом середовище та одну виконану дію. Наступний епізод не залежить від дій, виконаних у попередньому епізоді.

У послідовному середовищі дійсне рішення впливає на майбутні.

Різниця між дискретним та неперервним середовищами визначається можливими станами середовища, способами обліку часу, а також сприйняттям та діями агента. Наприклад, середовище з дискретними станами «гра у шахи», має скінчену кількість різноманітних станів. Крім того, вони пов'язана з дискретною множиною сприйняття та дій.

Приклад 3. Визначимо проблемне середовище за різними класифікаційними ознаками для робота-пакувальника кондитерських виробів.

**Характеристика проблемного середовища пакувальника
кондитерських виробів за різними класифікаційними ознаками**

Тип агента	Повністю або частково спостережне	Детерміноване, стратегічне або стохастичне	Епізодичне або послідовне	Статичне, динамічне або напівдинамічне	Дискретне або неперервне	Одноагентне або мультиагентне
Робот-пакувальник кондитерських виробів	Частково спостережне	Стохастичне	Епізодичне	Динамічне	Неперервне	Одноагентне

Розрізняють такі **типи інтелектуальних агентів**:

- прості (рефлексивні);
- агенти, що діють на підставі моделі світу;
- агенти, що діють на підставі мети;
- агенти, що діють на підставі корисності;
- агенти, що навчаються (можуть адекватно реагувати на ситуації, які до цього були їм невідомі; мають прямий і обернений зв'язок з навколишнім світом).

Агенти призначені для того, щоб розв'язувати задачі. **Для того, щоб агент міг розв'язувати задачі, повинні бути визначені такі позиції:**

- початковий стан – стан у якому агент починає працювати;
- опис можливих дій – сукупність дій, які здатний виконувати агент;
- оцінка вартості варіантів – функція, яка визначає чисельну вартість кожного кроку агента;
- перевірка мети – функція, що дозволяє визначити, чи є даний конкретний стан цільовим станом.

Приклад 4. Опишемо компоненти, які формально визначають задачу для пакувальника кондитерських виробів.

Початковий стан. Агент працює в одному з двох квадратів, у кожному з яких можуть бути наявні або відсутні шоколадні плитки для пакування. Тому існує $2 \times 2^2 = 8$ можливих станів середовища.

Початковий стан. Будь-який стан можна визначити як початковий.

Перевірка цілі. Ця перевірка зводиться до визначення того, чи будуть запаковані усі шоколадні плитки, що знаходяться у квадратах.

Вартість варіантів. Вартість кожного етапу коштує 1, тому вартість шляху дорівнює сумі вартостей усіх етапів на цьому шляху.

Розв'язком задачі називається шлях від початкового стану до цільового.

Якість розв'язку визначають за допомогою функції вартості шляху. Оптимальним розв'язком називається розв'язок, що має найменшу вартість шляху порівняно з іншими розв'язками.

Завдання для роботи в аудиторії

1. Визначити та описати проблемне середовище для наступних агентів:
 - водій таксі;
 - агент, що купує книги в Internet;
 - робот-сортувальник деталей.
2. Дати визначення проблемного середовища за різними класифікаційними ознаками для агентів:
 - медична діагностика;
 - інтерактивна програма для вивчення англійської мови;
 - секретар.
3. Описати компоненти, які формально визначають задачу:
 - робота-сортувальника деталей;
 - планування авіаподорожей;
 - збирача новин в Internet.

Завдання для самостійного опрацювання

1. Визначити та описати проблемне середовище для наступних агентів:
 - 1) робот-футболіст;
 - 2) збирач новин в Internet;
 - 3) розв'язування sudoku;
 - 4) збирач інформації про певний предмет;
 - 5) робот-листоноша;
 - 6) хлібопекар;
 - 7) переглядач web-сторінок, що підкреслює ключову інформацію;
 - 8) оператор call-центру;
 - 9) медична діагностична система;
 - 10) гравець у комп'ютерні ігри в якості опонента;
 - 11) контролер очисної споруди;
 - 12) контролер електронної пошти, що сортує її за ступенем важливості;
 - 13) система аналізу зображень, отриманих із цифрової камери;
 - 14) прибиральник;
 - 15) маляр на автомобільному виробництві.
2. Дати визначення проблемного середовища за різними класифікаційними ознаками для агентів:
 - 1) гра у шахи;

- 2) гра у «вісім»;
 - 3) контролер очисної споруди;
 - 4) гра у шашки;
 - 5) система аналізу зображень, отриманих із цифрової камери;
 - 6) гра у «п'ятнадцять»;
 - 7) маляр на автомобільному виробництві;
 - 8) контролер електронної пошти, що сортує її за ступенем важливості;
 - 9) хлібопекар;
 - 10) робот-футболіст;
 - 11) збирач новин в Internet;
 - 12) розв'язування sudoku;
 - 13) збирач інформації про певний предмет;
 - 14) переглядач web-сторінок, що підкреслює ключову інформацію;
 - 15) водій таксі.
3. Описати компоненти, які формально визначають задачу:
- 1) автономного марсіанського всюдиходу;
 - 2) робота-складальника електродвигунів;
 - 3) збирача інформації про певний предмет;
 - 4) хлібопекаря;
 - 5) гра у шахи;
 - 6) контролера електронної пошти, що сортує її за ступенем важливості;
 - 7) робота-футболіста;
 - 8) системи аналізу зображень, отриманих із цифрової камери;
 - 9) гра у «п'ятнадцять»;
 - 10) маляра на автомобільному виробництві;
 - 11) компонування великих інтегральних мікросхем;
 - 12) робота-сортувальника деталей;
 - 13) пошук шляху з міста А у місто В;
 - 14) гра у «вісім»;
 - 15) гра у нарди.

Контрольні питання

1. Що є предметом вивчення штучного інтелекту?
2. Дайте визначення інтелекту і поясніть його сутність.
3. Чи можна дати повне і загальноживане визначення інтелекту взагалі і штучного інтелекту зокрема?
4. Наведіть приклади інтелектуальних задач.
5. Дайте визначення інтелектуального агента.
6. Яку структуру має інтелектуальний агент? Наведіть приклад.

7. Наведіть приклади різних типів агентів. Який із перелічених типів є, на вашу думку, найефективнішим?
8. Які типи проблемних середовищ ви знаєте? У чому полягають їх відмінності?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: Неінформативний пошук.

Мета: Навчитися розв'язувати задачі методами неінформативного пошуку.

Перелік питань, які студент повинен знати: неінформативний пошук, пошук у ширину, пошук за критерієм вартості, пошук у глибину, пошук з обмеженням глибини, пошук у глибину з ітераційним збільшенням глибини, двонаправлений пошук

Короткі теоретичні відомості

Пошук називається **неінформативним**, якщо відомі лише початкові дані та ціль пошуку.

Приклад 5. Потрібно дістатися автомобілем із Києва у Херсон. Спрощена дорожня карта частини України наведена на рис. 3.

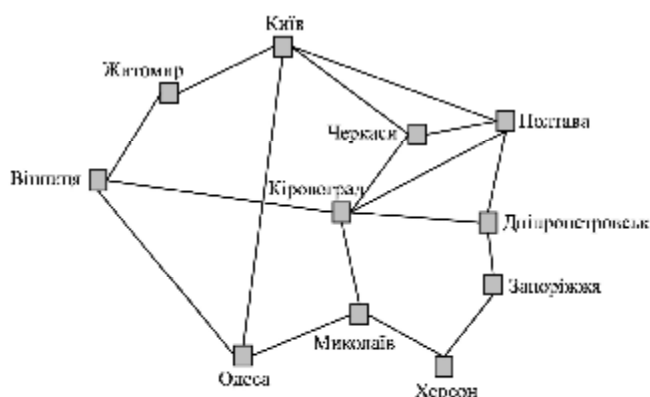


Рис. 3 – Спрощена дорожня карта частини України

Відомо декілька стратегій неінформативного пошуку:

- пошук у ширину;
- пошук за критерієм вартості;
- пошук у глибину;
- пошук з обмеженням глибини;
- пошук з ітераційним збільшенням глибини;
- двонаправлений пошук.

Пошук у ширину – це проста стратегія, у якій спочатку розгортається вершина найвищого рівня дерева пошуку, потім усі вершини наступного рівня переходу, потім – вершини, пов'язані із вершинами-попередниками тощо. Переваги: прийнятний час пошуку неглибокого розв'язку, що не матиме нескінченного заглиблення. Недоліки: алгоритм вимагає великих обчислювальних витрат і знач-

них затрат пам'яті, що значно обмежує застосовність методу.

Приклад 6. Побудуємо маршрут проїзду автомобілем із Києва у Херсон, використовуючи метод пошуку у ширину. Спрощена дорожня карта частини України наведена на рис. 3.

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 4.

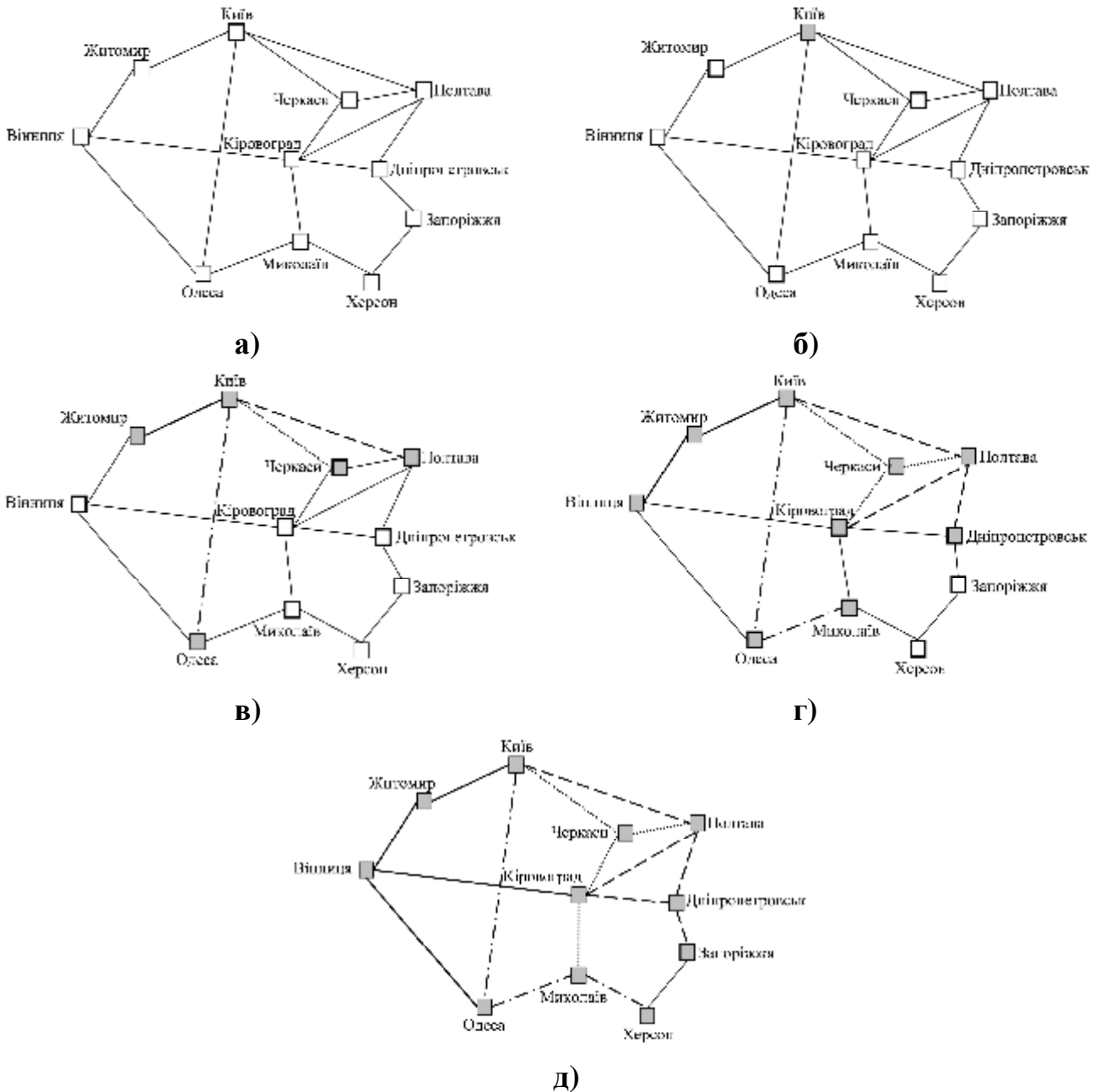


Рис. 4 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан; б) розгортка вершини Київ; в) розгортка вершин Житомир, Одеса, Черкаси, Полтава; г) розгортка вершин Вінниця, Миколаїв, Київроград, Полтава, Черкаси, Дніпропетровськ; д) розгортка вершин Одеса, Київроград, Миколаїв, Херсон, Дніпропетровськ, Запоріжжя.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Одеса – Миколаїв – Херсон.

Пошук за критерієм вартості базується на евристиці, яка вказує на перспективність розв'язку, що має найменшу вартість. Наведена стратегія пошуку відбувається за тих же умов, що і стратегія пошуку у ширину, причому, якщо вартості між рівнями переходу однакові, то ці стратегії співпадають. Недоліки: необхідно вводити критерії вартості; стратегія не гарантує, що знайдений розв'язок є оптимальним.

Приклад 7. Побудуємо маршрут проїзду автомобілем із Києва у Херсон, використовуючи метод пошуку за критерієм вартості. Критерієм вартості є мінімальна відстань між містами. Спрощена дорожня карта частини України наведена на рис. 5.

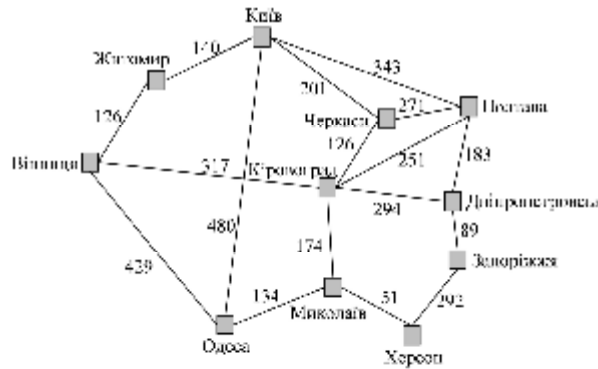
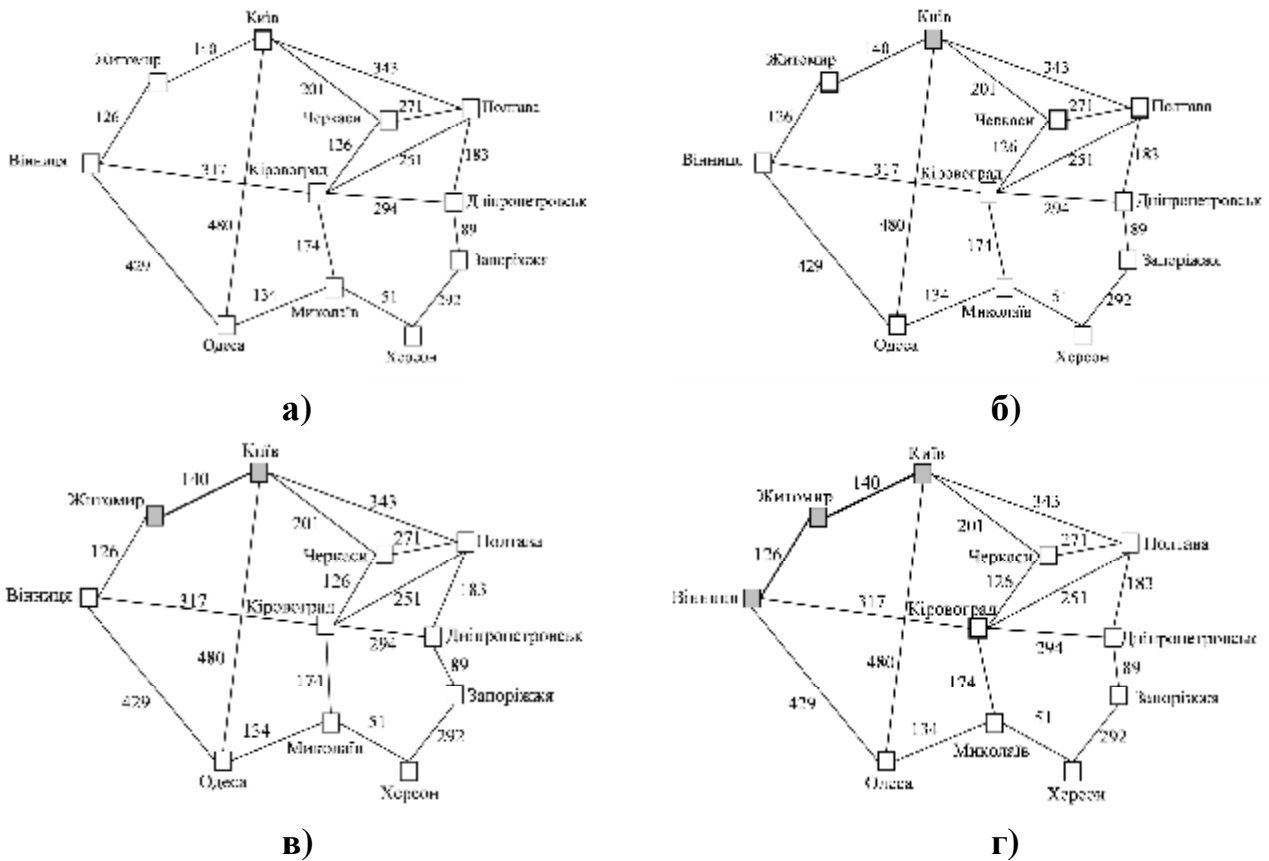


Рис. 5 – Спрощена дорожня карта частини України

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 6.



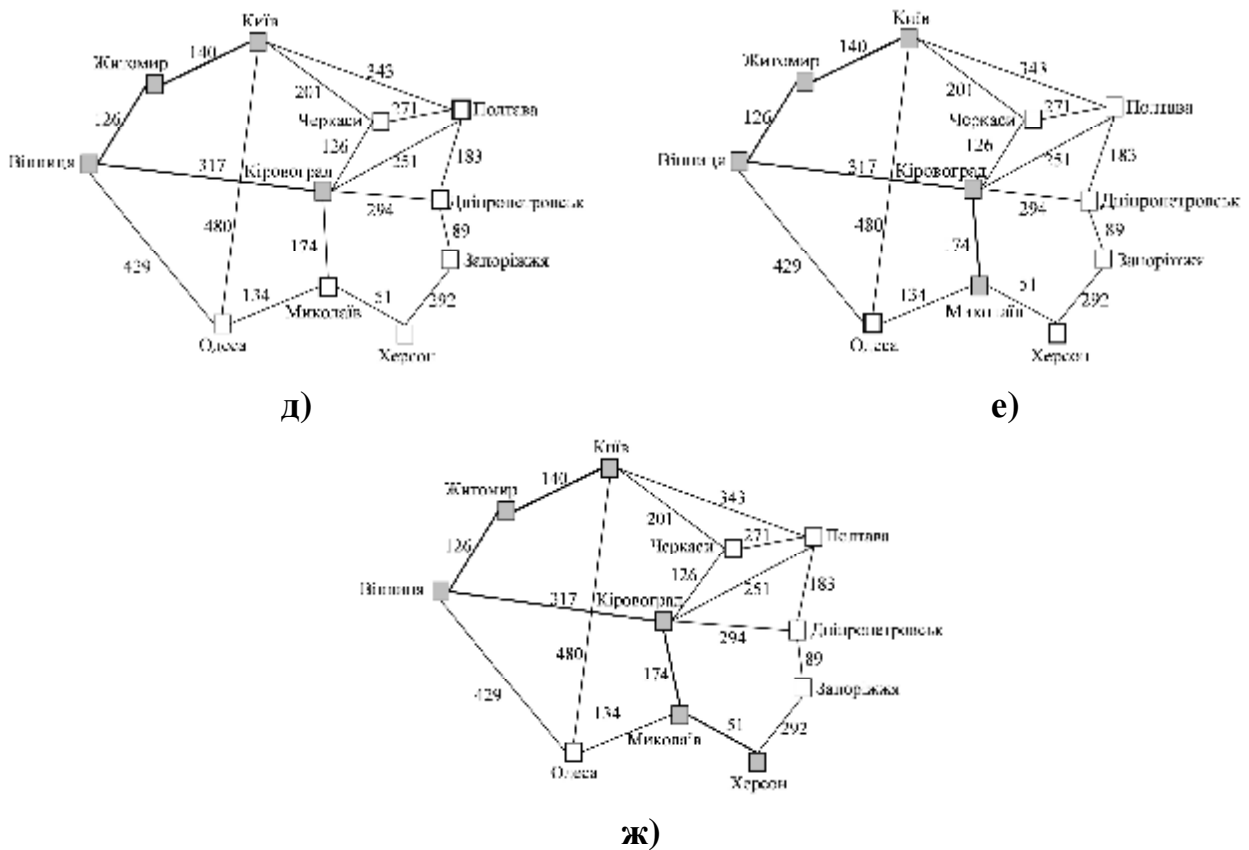


Рис. 6 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан; б) розгортка вершини Київ; в) розгортка вершини Житомир; г) розгортка вершини Вінниця; д) розгортка вершини Кіровоград; е) розгортка вершини Миколаїв; ж) цільовий стан.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Житомир – Вінниця – Кіровоград – Миколаїв – Херсон.

Пошук у глибину – це стратегія пошуку, у якій спочатку розгортається вершина найвищого рівня дерева пошуку, потім – вершини поточної пошукової гілки. Коли ж алгоритм дістається до найглибшого рівня пошукового дерева, який не має інших гілок, він відновлюється із наступної найвищої поверхневої вершини, яка має не досліджені вершини. Переваги: алгоритм вимагає менших затрат пам’яті у порівнянні зі стратегією пошуку у ширину. Недоліки: потрібно зважати на глибину дерева пошуку.

Пошук з обмеженням глибини. Ідея методу полягає у тому, що завчасно оцінюється критична глибини дерева пошуку, а сходження по гілці дерева припиняється за умови досягнення даної глибини. Такий підхід допомагає попередити нескінченне сходження та тривале хаотичне блукання. Недоліки: потрібно оцінювати складність задачі; якщо встановлена критична глибина буде надто великою, збільшаться витрати на пошук, а якщо надто малою – ціль не буде досягнута.

Приклад 8. Побудуємо маршрут проїзду автомобілем із Києва у Херсон, використовуючи метод пошуку у глибину. Спрощена дорожня карта частини України наведена на рис. 3.

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 7.

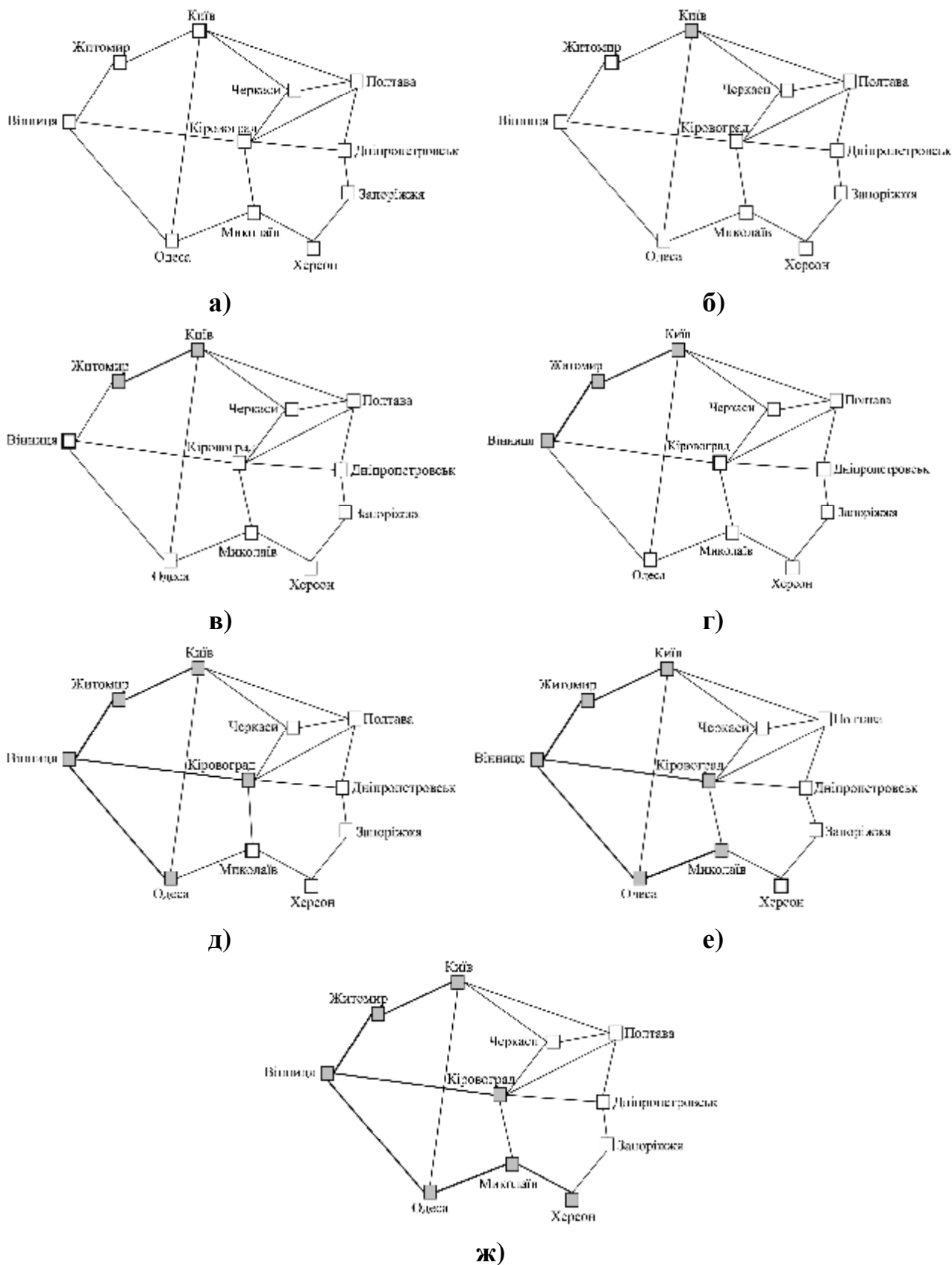


Рис. 7 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан; б) розгортка вершини Київ; в) розгортка вершини Житомир; г) розгортка вершини Вінниця; д) розгортка вершини Одеса; е) розгортка вершини Миколаїв; ж) цільовий стан.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Житомир – Вінниця – Одеса – Миколаїв – Херсон.

Пошук з ітераційним збільшенням глибини – це стратегія пошуку у глибину поєднана із пошуком найкращого обмеження глибини. Тобто, на першій ітерації встановлюється глибина 0, на другій ітерації – 1, на третій ітерації – 2 і т. д. Переваги: не потрібно зберігати у пам'яті дані про вершини-попередники.

Приклад 9. Побудуємо маршрут проїзду автомобілем із Києва у Херсон, використовуючи метод пошуку з ітераційним збільшенням глибини. Спрощена дорожня карта частини України наведена на рис. 3.

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 8.

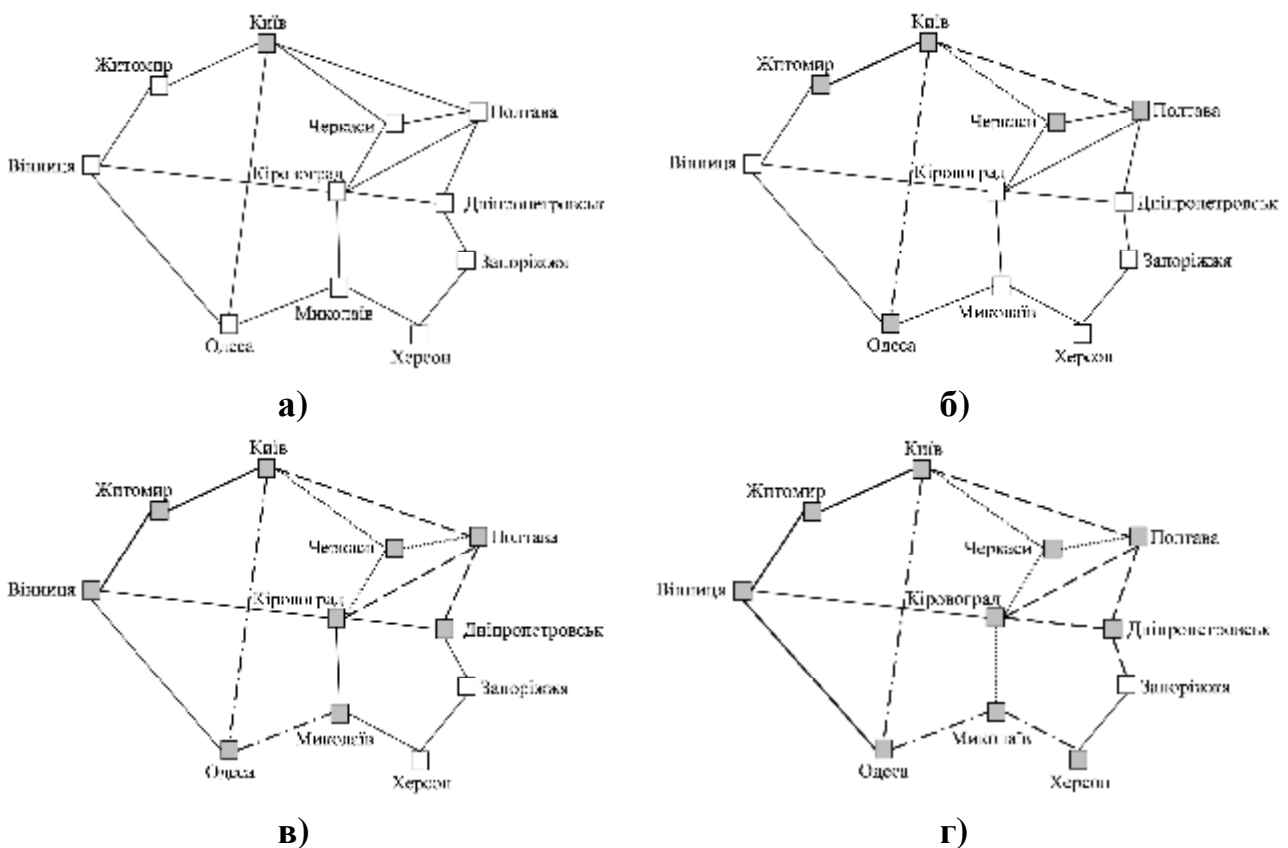


Рис. 8 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан (обмеження глибини рівне 0); б) обмеження глибини рівне 1; в) обмеження глибини рівне 2; г) обмеження глибини рівне 3.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Одеса – Миколаїв – Херсон.

Двонаправлений пошук – цей різновид пошуку використовується у випадках, якщо відомо вихідний стан і мета, а потрібно знайти шлях до цілі. Переваги: пошук відбувається одночасно з двох напрямів, кількість варіантів пошуку у два рази менша у порівнянні із наведеними стратегіями. Недоліки: необхідно визначати вершину-попередника, що не завжди можливо.

Приклад 10. Побудуємо маршрут проїзду автомобілем із Києва у Херсон, використовуючи метод двонаправленого пошуку. Спрощена дорожня карта час-

тини України наведена на рис. 3.

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 9.

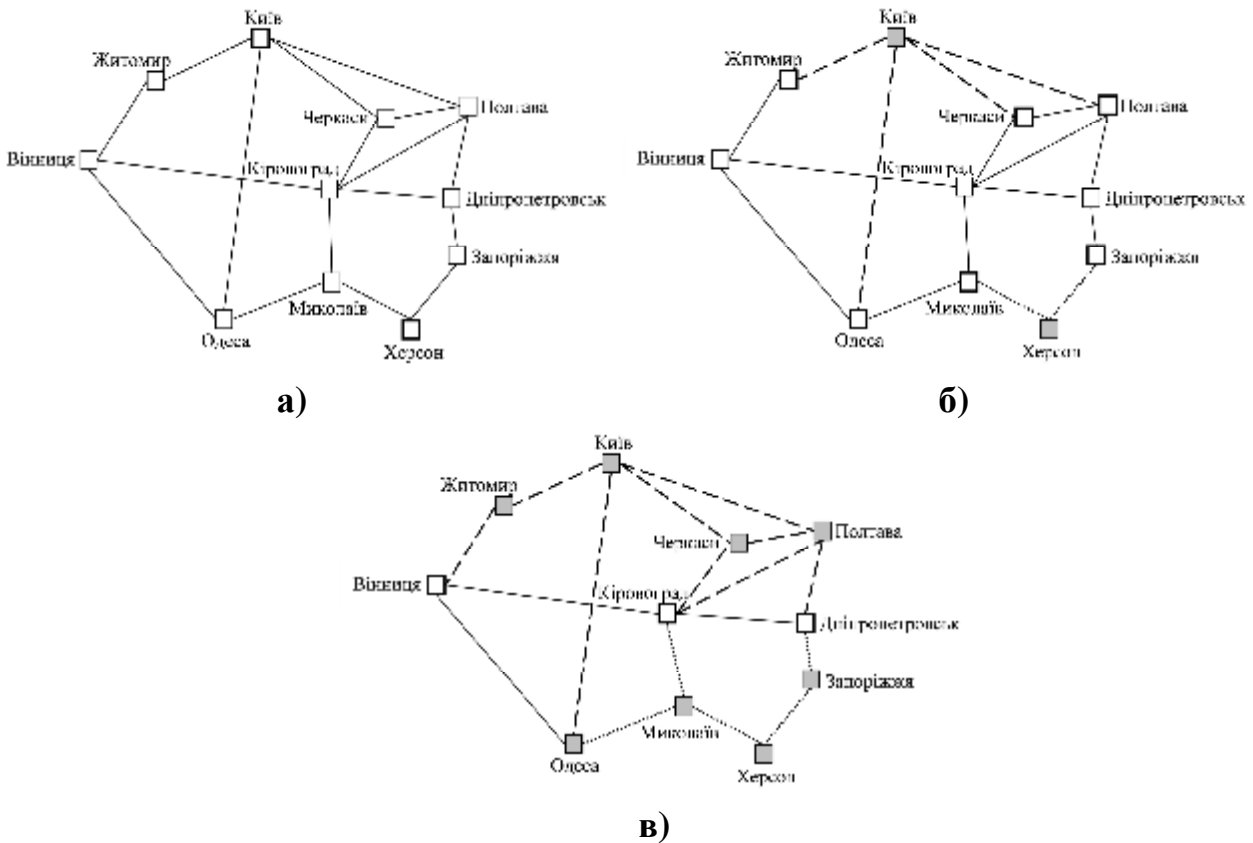


Рис. 9 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан; б) розгортка вершин Київ та Херсон; в) розгортка вершин Житомир, Черкаси, Полтава, Одеса, Миколаїв.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Одеса – Миколаїв – Херсон.

Порівняльна характеристика методів неінформативного пошуку наведена у табл. 3.

Таблиця 3

Оцінка складності стратегій неінформативного пошуку

Стратегія	Повнота	Часова складність	Витрати пам'яті	Оптимальність
Пошук у ширину	Так	b^{d+1}	b^{d+1}	Так
Пошук за критерієм вартості	Так	$b^{1+\frac{c}{n}}$	$b^{1+\frac{c}{n}}$	Так
Пошук у глибину	Ні	b^m	bm	Ні
Пошук з обмеженням глибини	Ні	b^e	be	Ні
Пошук з ітераційним збільшенням глибини	Ні	b^d	bd	Так
Двонаправлений пошук	Ні	$b^{\frac{d}{2}}$	$b^{\frac{d}{2}}$	Так

* b – коефіцієнт розгалуження; d – глибина найбільш поверхового розв’язку; e – границя глибини; m – максимальна глибина дерева; C – вартість розв’язку; n – середня вартість одного кроку.

Завдання для роботи в аудиторії

Існує транспортна мережа між містами СНД. Мережа наведена у вигляді таблиці зв’язків між містами (див. додаток 1). Зв’язки є двосторонніми, тобто передбачають рух у двох напрямках. Потрібно побудувати маршрут проїзду між містами Рига – Одеса. Відома топологія зв’язків між містами. Виконати:

- 1) пошук у ширину;
- 2) пошук у глибину;
- 3) пошук з обмеженням глибини;
- 4) пошук у глибину з ітераційним збільшенням глибини;
- 5) двонаправлений пошук.

Зобразити рух по дереву пошуку на його графі та вказати складність кожного виду пошуку. Відстань до пункту призначення з’ясувати за географічною картою.

Завдання для самостійного опрацювання

Існує транспортна мережа між містами СНД. Мережа наведена у вигляді таблиці зв’язків між містами (див. додаток 1). Зв’язки є двосторонніми, тобто передбачають рух у двох напрямках. Потрібно побудувати маршрут проїзду із одного міста в інше. Відома топологія зв’язків між містами. Виконати:

- 1) пошук у ширину;
- 2) пошук у глибину;
- 3) пошук з обмеженням глибини;
- 4) пошук у глибину з ітераційним збільшенням глибини;
- 5) двонаправлений пошук.

Зобразити рух по дереву пошуку на його графі та вказати складність кожного виду пошуку. Зробити висновки.

Варіанти завдань:

Номер варіанту	Пункт відправлення	Пункт призначення
1.	Мурманськ	Одеса
2.	Санкт-Петербург	Житомир
3.	Казань	Таллінн
4.	Харків	Нижній Новгород
5.	Брест	Казань
6.	Самара	Ярославль
7.	Уфа	Рига
8.	Мурманськ	Сімферополь

9.	Вільнюс	Одеса
10.	Київ	Казань
11.	Житомир	Нижній Новгород
12.	Рига	Казань
13.	Київ	Мурманськ
14.	Таллінн	Нижній Новгород
15.	Санкт-Петербург	Одеса

Контрольні питання

1. У чому полягає сутність пошуку у ширину?
2. За яких умов пошук у ширину відрізняється від пошуку за критерієм вартості?
3. Назвіть переваги та недоліки стратегії пошуку у ширину. Яким чином можна її покращити?
4. У чому полягає сутність пошуку у глибину?
5. Порівняйте пошук у ширину та пошук у глибину. Яка із цих стратегій є ефективнішою?
6. Чи можна вважати пошук у ширину і пошук у глибину стратегіями пошуку у просторі станів? Чому?
7. Порівняйте пошук з обмеженням глибини та пошук з ітераційним збільшенням глибини?
8. У чому полягає сутність двонаправленого пошуку?
9. За якими параметрами оцінюють складність стратегії пошуку?
10. Яка стратегія неінформативного пошуку є найефективнішою?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: Інформований пошук та дослідження простору станів.

Мета: Навчитися розв'язувати задачі методами інформованого пошуку, досліджувати простір станів.

Перелік питань, які студент повинен знати: інформований пошук, жадібний пошук за першим найкращим співпаданням, пошук A^* : мінімізація сумарної вартості, евристичний пошук

Короткі теоретичні відомості

Як зазначалося раніше, задачу формально визначають чотири компоненти: початковий стан, опис можливих дій агента, оцінка вартості варіантів і перевірка мети.

Початковий стан та перелік можливих дій агента неявно визначають простір станів задачі – множину усіх станів, що є досяжними із початкового стану. Простір станів утворює орієнтований граф, вершини якого відповідають станам, а ребра – можливим діям. Шляхом у просторі станів є послідовність станів, з'єднаних

послідовністю дій. У такому випадку розв’язання задачі відповідає певному шляху у графі. Тому і розв’язок задачі зводиться до пошуку шляху на графі.

Інформованим називається пошук, у якому, окрім відомих початкових даних та цілі пошуку, використовуються знання, що стосуються даної предметної області.

Відомо декілька стратегій інформованого пошуку:

- жадібний пошук за першим найкращим співпаданням;
- пошук A^* : мінімізація сумарної вартості;
- евристичний пошук.

Головним компонентом цих алгоритмів є евристична функція, позначена $h(n)$:

$h(n)$ = оцінка вартості найдешевшого шляху від вершини n до цільової вершини

Використання жадібного пошуку за першим найкращим співпаданням передбачає розгляд вершини, яка знаходиться найближче до цілі, припускаючи, що вона найшвидше приведе до розв’язку. Таким чином, оцінка вершин здійснюється із використанням лише евристичної функції: $f(n) = h(n)$.

Приклад 11. Знайдемо шлях від Києва до Херсона, використовуючи жадібного пошук за першим найкращим співпаданням. Відома відстань від кожного міста по прямій до Херсона (табл. 4).

Таблиця 4

Таблиця відстаней від міст по прямій до Херсона

Місто	Відстань по прямій до Херсону	Місто	Відстань по прямій до Херсону
Київ	551	Миколаїв	51
Полтава	471	Дніпропетровськ	376
Черкаси	351	Запоріжжя	297
Кіровоград	225	Херсон	0
Одеса	171		

Евристична функція $h(n)$ – відстань по прямій від кожного міста до Херсона.

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 10.

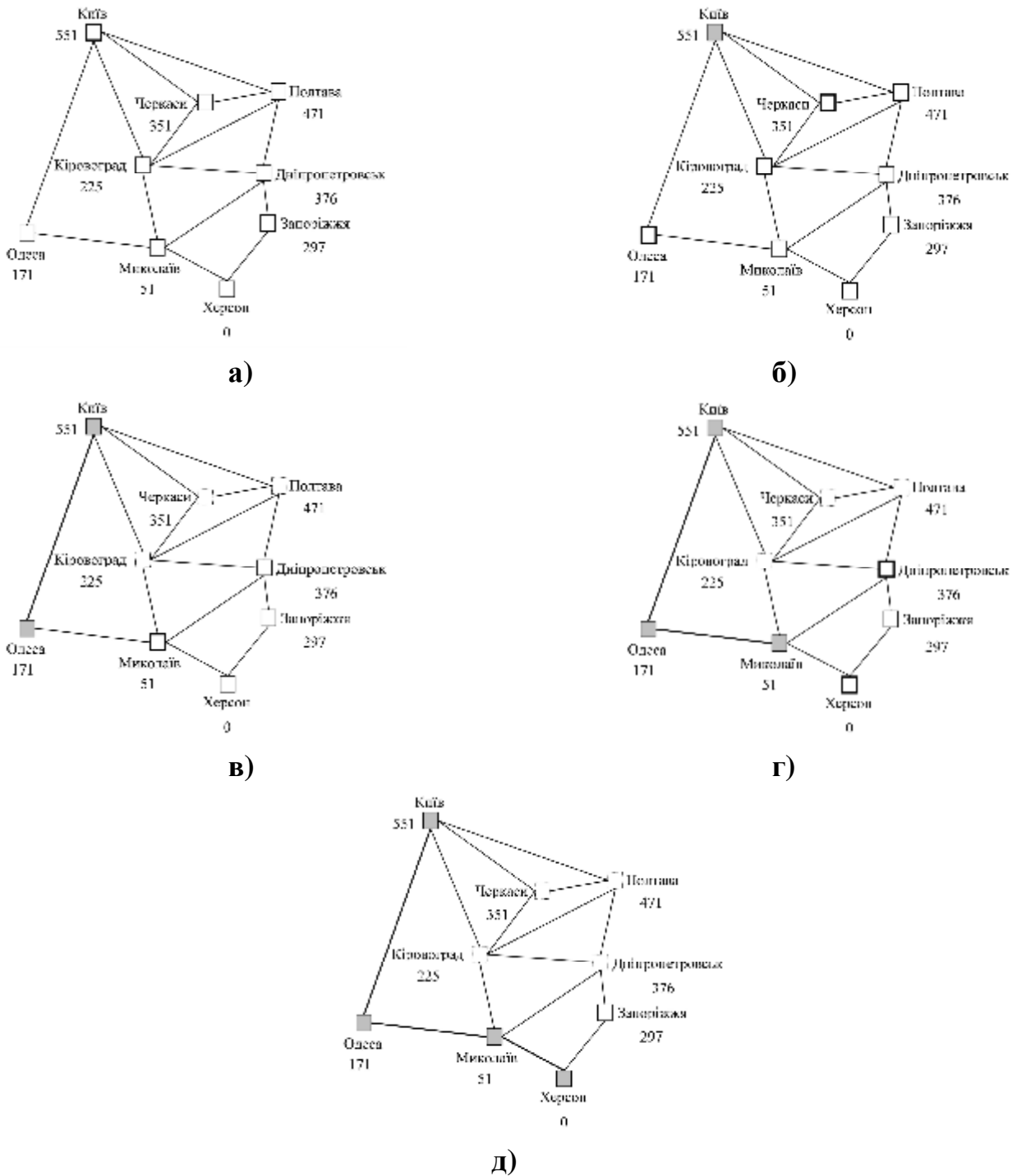


Рис. 10 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан; б) розгортка вершини Київ; в) розгортка вершини Одеса; г) розгортка вершини Миколаїв; д) цільовий стан.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Одеса – Миколаїв – Херсон.

В алгоритмі пошуку A* (читається як «А зірочка»): мінімізація сумарної вартості здійснюють оцінку вершин, які містять $g(n)$ – вартість досягнення даної вершини, та $h(n)$ – вартість пересування від даної вершини до цілі:

$$f(n) = g(n) + h(n).$$

Приклад 12. Знайдемо шлях від Києва до Херсона, використовуючи алгоритм пошуку A*. Відома відстань від кожного міста по прямій до Херсона (табл. 4). Відстань між містами позначена на графі.

Дерево пошуку шляху із Києва до Херсона відображено на рис. 11.

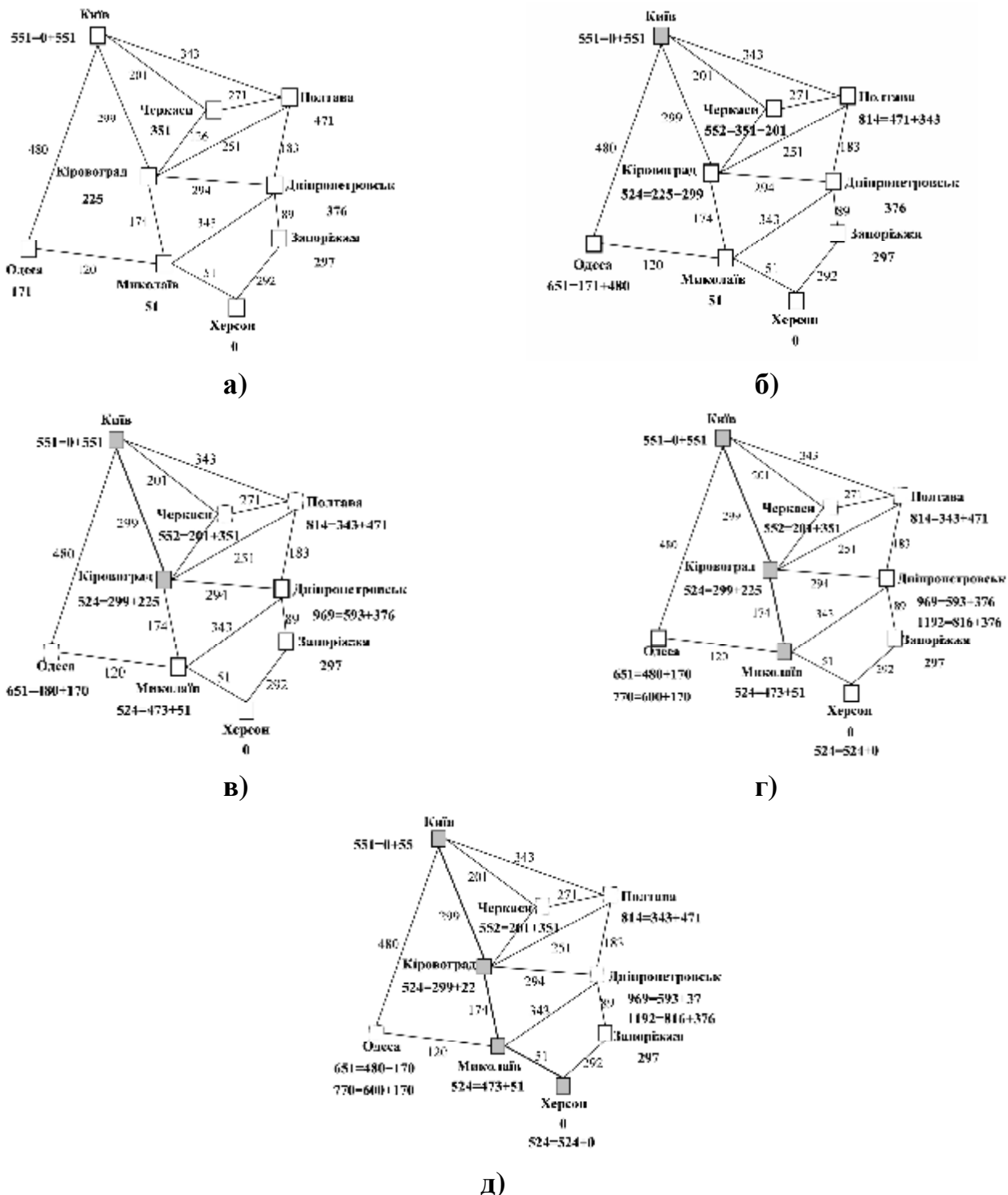


Рис. 11 – Дерево пошуку маршруту із Києва у Херсон: а) початковий стан; б) розгортка вершини Київ; в) розгортка вершини Кіровоград; г) розгортка вершини Миколаїв; д) цільовий стан.

Отже, шлях із Києва до Херсона є маршрутом Київ – Одеса – Миколаїв – Херсон.

Евристичний пошук передбачає використання евристик – тверджень, які впливають із досвіду та інтуїції дослідника, але не мають строгого математичного обґрунтування.

Завдання для роботи в аудиторії

Існує транспортна мережа між містами СНД. Мережа наведена у вигляді таблиці зв'язків між містами (див. додаток 1). Зв'язки є двосторонніми, тобто передбачають рух у двох напрямках. Відстань до пункту призначення з'ясувати за географічною картою. Виконати:

- 1) жадібний пошук за першим найкращим співпаданням;
- 2) пошук A*: мінімізація сумарної вартості

між містами Рига – Одеса.

Зобразити на графі обраний маршрут. Зробити висновки.

Завдання для самостійного опрацювання

Існує транспортна мережа між містами СНД. Мережа наведена у вигляді таблиці зв'язків між містами (див. додаток 1). Зв'язки є двосторонніми, тобто передбачають рух у двох напрямках. Відстань до пункту призначення з'ясувати за географічною картою. Виконати:

- 1) жадібний пошук за першим найкращим співпаданням;
- 2) пошук A*: мінімізація сумарної вартості.

Зобразити на графі обраний маршрут. Зробити висновки.

Варіанти завдань:

Номер варіанту	Пункт відправлення	Пункт призначення
1.	Мурманськ	Одеса
2.	Санкт-Петербург	Житомир
3.	Казань	Таллінн
4.	Харків	Нижній Новгород
5.	Брест	Казань
6.	Самара	Ярославль
7.	Уфа	Рига
8.	Мурманськ	Сімферополь
9.	Вільнюс	Одеса
10.	Київ	Казань
11.	Житомир	Нижній Новгород
12.	Рига	Казань
13.	Київ	Мурманськ
14.	Таллінн	Нижній Новгород
15.	Санкт-Петербург	Одеса

Контрольні питання

1. У чому суть інформованого пошуку? Які стратегії цієї групи методів вам відомі?
2. Дайте визначення поняття «простір станів»?
3. У чому полягає сутність жадібного пошуку за першим найкращим співпаданням?
4. Назвіть переваги та недоліки стратегії жадібного пошуку за першим найкращим співпаданням?
5. У чому полягає сутність пошуку A^* : мінімізація сумарної вартості?
6. У чому полягає сутність евристичного пошуку?
7. Яка стратегія інформованого пошуку є найефективнішою?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: Задачі з обмеженнями.

Мета: Навчитися розв'язувати задачі з обмеженнями.

Перелік питань, які студент повинен знати: задачі математичного програмування, методи оптимізації

Короткі теоретичні відомості

Розв'язання задач лінійного та квадратичного програмування, канонічного програмування другого порядку, теорії ігор, булевих задач, криптографічних головоломок є складним нетривіальним процесом. Відповідні задачі складають **клас задач з обмеженнями** і мають таку формалізовану постановку:

$$y = f(x) \rightarrow opt, \quad x \in X^n$$

при обмеженнях

$$c = (r_c, s_c), \quad c \in C^m, \quad c = \prod_{m=1}^M C_m,$$

де $x = (x_1, \dots, x_n)$ – множина змінних, що належить простору X^n ; $f(x)$ – цільова функція; $r_c \subseteq X^m$ – довільне m -арне відношення на x ; $s_c : X^n \rightarrow X^m$ – функція для виконання проектування вектора $x = (x_1, \dots, x_n) \in X^n$ на деякі m його компоненти.

Класифікують задачі з обмеженнями за такими аспектами:

- за властивостями вхідної інформації (детерміновані; стохастичні);
- за характером описуваних явищ (динамічні; статичні);
- за типом змінних (залежні, незалежні; дискретні, неперервні; детерміновані, випадкові);
- за типом обмежень (унарні, бінарні, вищих порядків; лінійні, нелінійні; абсолютні, пріоритетні).

Для розв'язання задач подібного класу, окрім класичних методів, використовуються і технології «soft computing» («м'які обчислення»).

Перерахуємо деякі **групи класичних методів**:

- методи повного пошук у просторі розв'язків;
- методи поширення обмежень;
- методи локального пошуку;
- метод «waltz filtering»;
- метод інтелектуального пошуку;
- методи кількісного підходу;
- методи спеціальних апаратних архітектур.

Зазначимо, що методи повного пошук у просторі розв'язків, методи поширення обмежень та методи локального пошуку є методами пошуку з поверненням. **Алгоритми повного пошуку** досліджують простір часткових розв'язків у глибину (звичайний, з обмеженням глибини або з ітеративним збільшенням глибини). Покращують ефективність перебору з поверненням, як правило, скорочуючи розмір простору пошуку, для чого застосовують процедури двох типів: алгоритми попередньої обробки (статичні) та динамічні алгоритми – схеми випереджаючого та зворотного прорахунку.

До методів поширення обмежень належать метод попередньої перевірки та власне сам метод поширення обмежень.

Попередня перевірка. При кожному присвоєнні значень змінній X у процесі попередньої перевірки переглядається кожна змінна Y , якій ще не присвоєно значення і яка з'єднана з X деяким обмеженням, та із області визначення змінної Y вилучається будь-яке значення, що не сумісне зі значеннями, обраними для X .

Метод поширення обмежень – це метод поширення на інші змінні наслідків застосування деякого обмеження до однієї змінної.

Метод інтелектуального пошуку передбачає виконання зворотного ходу до останньої змінної, котрій було присвоєно значення із конфліктної множини. Іншими словами повернення відбувається безпосередньо до джерела проблеми, що виникла у процесі пошуку.

Метод локального пошуку базується на використанні евристик з мінімальними конфліктами.

Приклад 13. Розглянемо адміністративну карту Черкаської області (рис. 12). Потрібно розфарбувати райони у червоний, жовтий або зелений кольори так, щоб жодна пара сусідніх районів не мала однакового кольору, або показати, що це неможливо.



Рис. 12 – Адміністративна карта Черкаської області

Приведемо дану задачу до формалізованої задачі із обмеженнями. Позначимо змінними назви районів Черкаської області: $D, K, Z, Чн, Ч, Чг, КШ, Г, С, Км, Л, Зв, Ш, Кт, Ж, Мн, Т, Мс, X, У$. Областю визначення кожної змінної є множина $\{\text{червоний, жовтий, зелений}\}$. Обмеження вимагають, щоб усі пари відповідних районів мали різний колір; наприклад, можливими комбінаціями для пари D та $Чн$ є наступні:

$\{(\text{червоний, зелений}), (\text{червоний, жовтий}), (\text{зелений, червоний}), (\text{зелений, жовтий}), (\text{жовтий, червоний}), (\text{жовтий, зелений})\}$.

Задачі з обмеженнями зручно подавати у вигляді графа обмежень, де вершини відповідають змінним задачі, а ребра – обмеженням.

Розв'язок задачі зобразимо на рис. 13.

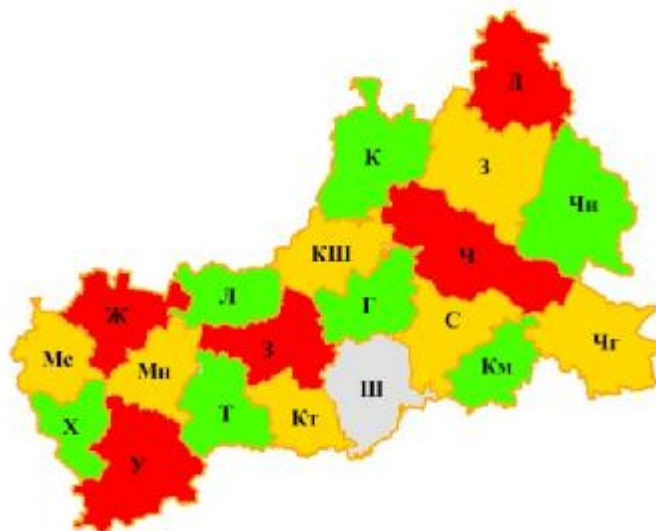


Рис. 13 – Розв'язок задачі розфарбовування адміністративної карти Черкаської області

Отже, дану карту не можливо розфарбувати трьома кольорами.

Завдання для роботи в аудиторії

Розфарбувати адміністративну карту Харківської області (рис. 14) у червоний, жовтий або зелений кольори так, щоб жодна пара сусідніх районів не мала однакового кольору, або показати, що це неможливо.



Рис. 14 – Адміністративна карта Харківської області

Завдання для самостійного опрацювання

1. Розфарбувати адміністративну карту України у червоний, жовтий або зелений кольори так, щоб жодна пара сусідніх областей не мала однакового кольору, або показати, що це неможливо.
2. Розв'язати задачу.
 - 1) **Різнокольорові будинки.** У п'ятих будинках, пофарбованих у різні кольори, мешкають чоловіки різних національностей. Вони тримають різних тварин, віддають перевагу різним напоям і курять сигарети різних марок. Відомо, що:
 - англієць живе в червоному будинку;
 - у іспанця є собака;
 - каву п'ють в зеленому будинку;
 - українець п'є чай;
 - зелений будинок – перший праворуч від будинку кольору слонової кістки;
 - курець «Вінстона» тримає равликів;
 - сигарети «Кул» курять у жовтому будинку;
 - молоко п'ють у середньому будинку;
 - норвежець живе у крайньому зліва будинку;
 - чоловік, що курить «Честерфілд», живе в будинку, сусідньому з бу-

динком чоловіка, у якого є лисиця;

- сигарети «Кул» курять у будинку, сусідньому з будинком, де є кінь;
- чоловік, що віддає перевагу «Лакі страйк», п'є апельсиновий сік;
- японець курить сигарети «Парламент»;
- норвежець живе в будинку поруч з блакитним будинком.

Треба відповісти на запитання: «У кого є зебра?», «Хто п'є воду?».

- 2) **Скільки синів було у фермера?** Один фермер з Далекого Заходу, який займався на своєму ранчо розведенням худоби, відчув, що життя його підходить до закінчення. Він покликав усіх своїх синів і сказав їм, що вирішив ще за життя розділити між ними спадщину.

- Джон, – сказав він старшому, – ти можеш взяти стільки корів, скільки зумієш доглянути, а твоя дружина Ненсі може забрати дев'яту частину корів, що залишаться.

Другому синові він сказав:

- Сем, ти можеш взяти стільки ж корів, скільки і Джон, та ще одну, якщо вже Джон вибирає першим. Тобі ж, мила Селлі, я дам одну дев'яту того, що залишиться після твого Джона.

Третьому синові він сказав те ж саме. Він міг узяти на одну корову більше, ніж другий син, а його дружині належала дев'ята частина залишки. Так само фермер вчинив і з іншими синами. Кожен з них брав на одну корову більше, ніж його найближчий старший брат, а дружина кожного сина брала дев'яту частину залишки.

Після того як молодший син забрав своїх корів, його дружині не дісталоя жодної корови. Тоді фермер сказав:

- Оскільки коні коштують удвічі дорожче корів, ми поділимо коней так, щоб кожна родина отримала худоби на однакову суму.

Завдання полягає в тому, щоб з'ясувати, скільки корів було у фермера і скільки у нього було синів?

- 3) **Поділ яблук.** Вісім дітей розділили між собою 32 яблука наступним чином. Енн отримала 1 яблуко, Мей – 2, Джейн – 3 і Кет – 4. Нед Сміт взяв стільки ж яблук, скільки і його сестра, Тому Брауну дісталоя вдвічі більше яблук, ніж його сестрі, Біллу Джонсу – втричі більше, ніж його сестрі, і, нарешті, Джек Робінсон отримав яблук вчетверо більше, ніж його сестра. Назвіть прізвища чотирьох дівчаток.

- 4) **Три наречені.** Один старий «грошовий мішок» зробив надбанням гласності, що він дасть у придане кожній своїй доньці стільки золота, скільки важить вона сама. Тому вмить у кожної з дівчат з'явився відповідний шанувальник. Всі доньки вийшли заміж в один і той же день, а перш, ніж зважитися, скуштували дуже важкого весільного торта, від

чого радісно забилися серця їх суджених.

Всі разом наречені важили 396 фунтів, проте Неллі важила на 10 фунтів більше, ніж Кітті, а Мінні важила на 10 фунтів більше, ніж Неллі. Один із наречених, Джон Браун, важив рівно стільки ж, скільки і його наречена, тоді як Вільям Джонс важив у півтора, а Чарльз Робінсон – у два рази більше своїх наречених. Разом наречені та їх суджені важили 1000 фунтів. Назвіть ім'я та прізвище кожної з дівчат, після того, як вони вийшли заміж.

- 5) **Дружини данців.** У Данії довгий час зберігалися старі звичаї. Так, рогату худобу і домашню птицю продавали непарним числом голів, яйця – двома десятками, одні предмети – дюжинами, інші – бушелями, цукор – трьома з половиною фунтами тощо. Одна цікава задача, опублікована більше двох століть тому, ілюструє цей заплутаний спосіб.

У ній говориться: «Прийшли до мене три знайомих данці: Хендрік, Клаас і Корнеліус зі своїми молодими дружинами. Дружин їх звали Геертрінг, Катрюн і Анна, але я забув, як саме звали дружину кожного. Молоді люди розповіли, що були на ринку, де купували свиней, причому кожен з них придбав стільки свиней, скільки крон платив за одну тварину. Хендрік придбав на 23 свині більше, ніж Катрюн, а Клаас придбав на 11 свиней більше, ніж Геертрінг. Вони також сказали, що кожен із чоловіків виклав на 63 крони більше, ніж його дружина. А мені хотілося б з'ясувати, чи можливо, знаючи все це, сказати, як звали дружину кожного данця?»

- б) **Датські рибалки.** Рибалки Адам, Бауер, Крістіансен і Дазе (скорочено A, B, C і D – за першими латинськими буквами їхніх імен), зваживши свій улов, встановили наступне:

- D впіймав більше, ніж C ;
- A і B разом зловили стільки ж, скільки C і D (разом);
- A і D разом зловили менше, ніж B і C (разом).

Розташуйте результати зважувань уловів a, b, c і d рибалок A, B, C і D у порядку спадання.

- 7) **Вчителі та предмети.** Вчителі Альтман (A), Брендель (B) і Клаузнер (C) викладають в одному класі математику (M), фізику (Φ), хімію (X), біологію (B), німецьку мову (H) та історію (I). Кожен вчитель викладає по 2 предмети. Вчитель хімії мешкає в одному будинку з учителем математики. Альтман – наймолодший з трьох викладачів. Вчитель математики часто грає в шахи з Клаузнером. Вчитель фізики старше вчителя біології, але молодше Бренделя. Той з трьох вчителів, хто старше двох інших, живе далі всіх від школи. Які предмети викладає кожен з

трьох вчителів?

- 8) **Суд Паріса.** В одному старовинному задачнику суд Паріса описаний таким чином. Богині Гера, Афродіта і Афіна прийшли до юного Паріса, щоб той вирішив, котра з них найвродливіша. Поставши перед Парісом, богині висловили наступні твердження:

- Афродіта: Я найвродливіша.
- Афіна: Афродіта не найвродливіша.
- Гера: Я найвродливіша.
- Афродіта: Гера не найвродливіша.
- Афіна: Я найвродливіша.

Паріс, прилігши відпочити на узбіччі дороги, не вважав за потрібне навіть зняти хустку, якою прикрив очі від яскравого сонця. Але богині були наполегливі, і йому, що б то не стало, потрібно було вирішити, котра з богинь найвродливіша. Паріс припустив, що всі твердження найвродливішої богині істинні, а всі твердження двох інших богинь помилкові. Чи міг Паріс, використовуючи таке припущення, прийняти рішення, якого очікували від нього богині, і якщо міг, то котра з богинь найвродливіша?

- 9) **Знавці на іподромі.** Перед початком перегонів на іподромі чотири знавці з числа глядачів обговорювали шанси фаворитів A , B і C .

- (1): «Заїзд виграє A або C ».
- (2): «Якщо A буде другим, то виграє B ».
- (3): «Якщо A прийде третім, то C не виграє».
- (4): «Другим прийде A або B ».

Після прибуття з'ясувалося, що три фаворити A , B і C дійсно здобули перші три місця і що всі чотири твердження знавців виявилися істинними. Як фаворити поділили між собою три перші місця?

- 10) **Великий математик.** Прізвище великого математика містить п'ять літер. Якщо літери російського алфавіту A , B , V , ..., $Ю$, $Я$ (без $Ё$) перенумерувати по порядку послідовними числами від 1 до 32 і замість літер, що входять в прізвище математика, підставити їх «номери», то виявиться, що сума чисел, які відповідають:

- першій та другій літері, дорівнює 40;
- першій та третій літері, дорівнює 42;
- першій та четвертій літері, дорівнює 36;
- першій і п'ятій літері, дорівнює 47;
- всім п'яти літерам, дорівнює 75.

Назвіть прізвище великого математика.

- 11) **Задача на перерві.** Три дівчинки задали на перерві своїй подрузі задачу на кмітливість. Ось що вони їй повідомили.
 В Ути вдвічі більше кольорових олівців, ніж у Регіни, а у Сабіни на 13 олівців менше, ніж у Регіни.
 Скільки кольорових олівців у кожної з нас, якщо, перерахувавши всі олівці, ми отримали просте число? Воно менше 50, а сума його цифр дорівнює 11.
 Отже, скільки кольорових олівців у Ути, Регіни та Сабіни окремо і у всіх разом?
- 12) **Колекціонери.** Із 100 колекціонерів 70 збирають старовинні монети, 75 – значки, 80 – етикетки з-під сірникових коробок і 85 – марки.
 Скільки з них захоплюються усіма чотирма видами колекціонування відразу?
- 13) **Африканські канікули.** Канікули Мбонго тривали f днів. За його спостереженнями:
- дощ йшов 7 разів або з ранку, або надвечір;
 - якщо дощ йшов надвечір, то зранку було сонячно;
 - 5 разів надвечір було сонячно;
 - 6 разів з ранку було сонячно.
 - Скільки днів тривали канікули Мбонго?
- 14) **Сімейний будинок.** В одному будинку жило кілька подружніх пар з дітьми. Відомо, що всіх дітей було більше, ніж дорослих, а дорослих – більше, ніж хлопчиків. У свою чергу, хлопчиків було більше, ніж дівчаток, а дівчаток – більше, ніж сімей. У кожній родині була принаймні одна дитина, а число дітей у всіх сім'ях було різним. У кожній дівчинки був принаймні один брат і не більше однієї сестри. В одній родині дітей було більше, ніж у всіх інших сім'ях разом.
 Скільки сімей жило в домі? Скільки дівчаток було в кожній родині?
- 15) **Розбите вікно.** Під час перерви в класі залишалися Ангеліка, Бернд, Вольфганг і Мануела. Хтось з них розбив скло. Вчитель опитав учнів і отримав від кожного по три відповіді.
- Ангеліка: 1. Вікно розбила не я.
 2. Я сиділа в класі й читала.
 3. Мануела знає, хто розбив вікно
- Бернд: 1. Це зробив не я.
 2. З Мануелою я вже давно не розмовляю.
 3. Вікно розбив Вольфганг.
- Вольфганг: 1. Я не винен.
 2. Вікно розбила Мануела.

3. Бернд каже неправду, коли стверджує, нібито вікно розбив я.

- Мануела:
1. Вікно розбила не я.
 2. Ангеліка розбила вікно.
 3. Бернд знає, що я не винна, адже на перерві ми з ним грали разом.

Крім того, кожен з них зізнався, що із трьох відповідей дві істинні і одна неправдива. Хто розбив вікно?

Контрольні питання

1. Дайте означення задачі з обмеженнями.
2. Яким чином класифікують задачі з обмеженнями?
3. Наведіть приклади задач з обмеженнями.
4. Які методи застосовують для розв'язання задач з обмеженнями? Назвіть їх переваги та недоліки
5. У чому полягає сутність пошуку з поверненням?
6. У чому полягає сутність локального пошуку?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: Фреймові моделі.

Мета: Навчитися представляти знання у вигляді фреймів.

Перелік питань, які студент повинен знати: фрейм, слоти, первинний опис ситуації, приєднані процедури, сценарії

Короткі теоретичні відомості

Марвін Мінський у 1975 р. висунув гіпотезу про те, що знання в мозку людини організовані у певну структуру, яку він назвав фреймом. Мінський писав, що коли людина потрапляє в нову ситуацію, вона зіставляє цю ситуацію з тими фреймами, які зберігаються у неї в пам'яті. Саме на теорії фреймів, розробленій М. Мінським, і базуються фреймові моделі .

Фреймом називається структура даних, призначена для опису типових ситуацій або типових понять.

Фреймом називається мінімально можливий опис деякої сутності, такий, що подальше скорочення цього опису приводить до втрати цієї сутності.

Фрейм будь-якого поняття може бути утворений шляхом об'єднання всіх бінарних фактів, пов'язаних з цим поняттям. Формально об'єкт у рамках фреймової моделі описується таким чином:

*Ім'я фрейму, ((Атрибут _1, значення _1), (Атрибут _2, значення _2),
... (Атрибут _n, значення _n)).*

Структури даних, призначені для опису окремих атрибутів у фреймі, називаються слотами цього фрейму.

Як приклад розглянемо поняття «Студент», яке описується відповідним фреймом. Кожний студент може бути охарактеризований такими характеристиками, як прізвище, ім'я, по-батькові, факультет, курс. Тоді слоти фрейму «Студент» відповідають саме цим характеристикам.

Фрейму притаманні такі властивості:

- ієрархічність – існують фрейми вищих і нижчих класів. Наприклад, «Тварина → Ссавець → Хижак → Вовк»;
- конкретизація – це заповнення слотів конкретними значеннями (визначення значень атрибутів). Якщо при описі загального фрейму слоти уже заповнені конкретними значеннями, ці значення передаються всім екземплярам цього фрейму. Наприклад, будь-який студент може бути записаний на основі фрейму «Студент», якщо підставити в слоти конкретні дані;
- наслідування – утворення похідних фреймів від більш загального фрейму.

Фрейми є зручним інструментом для опису ситуацій, які сприймаються системою, та для зіставлення цих ситуацій з тими знаннями, що зберігалися в пам'яті.

Первинним описом ситуації або об'єкта називається їх опис у тому вигляді, в якому вони безпосередньо сприймаються органами чуттів. Первинний опис, як правило, поповнюється на основі наявних знань.

Поповнення первинного опису, здійснюється у такій послідовності:

- формується загальна структура опису нового об'єкта (фактично тепер він розглядається як екземпляр певного фрейму);
- заповнюються всі слоти нового екземпляра, значення яких визначаються в опис родового фрейму або задаються в первинному описі ;
- якщо опис недостатньо повний (не вистачає значень деяких важливих слотів) або суперечливий (це відбувається, наприклад, якщо об'єкт зіставляється з кількома фреймами або інформація, що вводиться, суперечить визначеній за успадкуванням), можуть бути актовані процедури уточнення.

Приклад 14. Нехай у пам'яті інтелектуальної системи зберігається фрейм опису бронювання квитків:

Замовлення квитків на літак ((Вид послуги, Резервування),
(Дата, _),
(Маршрут, Київ-Берлін),
(Тип, Бізнес-клас),
(Номер місця, _),
(Хто, _),
(Де, <Авіа_99>)).

Нехай на вхід фрейму подається речення «Вчора Олег зарезервував квиток на літак». Система повинна на основі відомих їй алгоритмів виявити, що це речення зіставляється із фреймом **Замовлення квитків на літак** і сформулювати опис на основі цього фрейму. Вона дає цьому фрейму назву, наприклад, **Замовлення Олега** і відображає в заголовку, що це екземпляр фрейму **Замовлення квитків на літак**. Далі заповнюються слоти і опис набуває такого вигляду:

Замовлення Олега (**Замовлення квитків на літак**)
(Вид послуги, **Резервування**),
(Дата, Вчора),
(Маршрут, Київ-Берлін),
(Тип, Бізнес-клас),
(Номер місця, _),
(Хто, Олег),
(Де, <Авіа_99>)).

Залежно від стану слотів виділяють:

- фрейм-прототип (фрейм, протофрейм, фрейм-інтенсіал) – фрейм, у якого частина або всі значення слотів відсутні;
- фрейм-екземпляр – фрейм, у якого слоти заповнені конкретними значеннями і який є описом, що має значення істини.

Фрейми поділяються на:

- фрейми-описи, які моделюють властивості або ситуації. Такий фрейм, наприклад, може мати вигляд:
Дача ((фрукти),(виноград, 5 кг),(яблуко, 10 кг), ...).
- рольові фрейми – фрейми, які для імен слотів використовують назви ролей, сукупність яких визначає зміст, приписуваний усьому фрейму. Роллю можуть бути об'єкти, над якими виконується дія. Наприклад, імена слотів – питальні слова: роль ((перевезти), (що,...), (куди,...)); імена слотів – події у фреймі-екземплярі: зробити ((перевезти), (виноград, додому), (яблуко, у вересні), ...).

Фрейми можуть містити процедури, які виконують ті чи інші дії. Такі процедури називають приєднаними. Їх можна розглядати як окремі слоти.

Існують такі типи приєднаних процедур:

- процедура, що активізується шляхом зовнішнього виклику;
- демон – процедура, яка автоматично активізується, як тільки стають істинними певні умови.

При пошуку фреїв, які найкраще підходять для опису даного поняття, велике значення мають мережі подібностей або відмінностей. Кожний вузол такої мережі є фреймом опису певного поняття, а зв'язки відповідають подібностям чи відмінностям між фреймами.

Сценарієм називається фреймоподібна структура знань, яка визначає послідовність подій, характерних для певного процесу чи для певної ситуації, або причинно-наслідкові зв'язки між подіями.

Приклад 15. Побудуємо сценарій, який визначає послідовність дій при відвідині лекційного заняття.

Для цього сценарію визначені слоти **Мета**, **Ролі** (основні дійові особи), **Змінні** (риси, різні для неоднакових конкретних реалізацій сценарію), **Кількість сцен** і слоти, що відповідають сценам (тут – подіям), що послідовно змінюють одна одну:

Відвідини лекції

(**Мета:** Навчання;

Ролі: *Студент, Викладач;*

Змінні: *Назва дисципліни, Номер_Аудиторії, Місце, Чекання_2, Чекання_1, Час_70, Інформація)*

Кількість сцен: 4

Сцена 1 (Зайняти місце):

Студент заходить до Номер_Аудиторії

Студент вибирає Місце (умова: Місце повинно бути вільним)

Студент проходить до Місця і сідає

Сцена 2 (Вітання)

Студент чекає Чекання_2 хвилин

Викладач заходить до Номер_Аудиторії

Викладач проходить до свого Місця

Викладач вітається із Студентом

Сцена 3 (Навчання)

Студент чекає Чекання_1 хвилин

Викладач повідомляє Інформацію, яка вивчається у курсі Назва дисципліни протягом Час_70 хвилин

Студент конспектує почуту Інформацію протягом Час_70 хвилин (умова: студент бажає конспектувати)

Сцена 4 (Завершальна)

Викладач прощається із Студентом

Викладач залишає Номер_Аудиторії

Студент залишає Номер_Аудиторію).

Цей сценарій задає загальну схему розвитку подій: опис конкретної послідовності подій при конкретному відвідуванні лекції породжується при підстановці замість Ролей і Змінних конкретних значень.

Даний сценарій доцільно розглядати як базовий, на основі якого можна бу-

дувати подібні сценарії, що можуть виникати при іншому розвитку подій (наприклад, «Студент запізнився на пару», або «Викладач захворів» тощо).

Сценарії використовуються також для поповнення опису ситуації.

Завдання для роботи в аудиторії

1. Побудуйте фрейм для автоматизованої системи та конкретизуйте його індивідуальними даними:
 - робота над проектом;
 - страхування автомобіля;
 - купівля нерухомості.
2. Побудуйте сценарій, який визначає послідовність дій:
 - при відвідинах бібліотеки;
 - при здійсненні покупки у магазині;
 - при замовленні квитків на виставу.

Завдання для самостійного опрацювання

1. Побудуйте фрейм для автоматизованої системи та конкретизуйте його індивідуальними даними.
 - 1) рахунок за спожиту електроенергію за місяць;
 - 2) продаж побутової техніки;
 - 3) проектування локальної мережі;
 - 4) надання послуг салоном краси;
 - 5) облік успішності студентів;
 - 6) реєстрація учасників змагань із шахів;
 - 7) один день оператора call-центру;
 - 8) один день спілкування по мобільному телефону;
 - 9) формування прибуткової накладної;
 - 10) формування рахунок-фактури;
 - 11) поповнення каталогу автомобілів автосалону;
 - 12) поповнення бібліографічного каталогу;
 - 13) відкриття депозитного рахунку;
 - 14) вирощування квітів;
 - 15) побудувати будинок.
2. Побудуйте сценарій, який визначає послідовність дій при:
 - 1) відвідинах салону краси;
 - 2) спілкуванні по телефону;
 - 3) відвідинах кінотеатру;
 - 4) написанні контрольної роботи, яка складається з п'яти завдань;
 - 5) грі у футбол;

- 6) обговоренні прочитаної книги;
- 7) складанні іспиту;
- 8) грі у шашки;
- 9) спілкуванні з другом за допомогою Skype;
- 10) отриманні інформації у довідковому бюро залізничного вокзалу;
- 11) отриманні грошового переказу у банку;
- 12) покупці пілососу;
- 13) створенні електронної скриньки на сайті;
- 14) відвідинах театру;
- 15) катанні на ковзанах з друзями.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте визначення фрейма як структури даних для опису певного поняття.
2. Яким чином можна описати об'єкт на основі фреймової моделі?
3. Опишіть схему поповнення первинних описів на основі фреймових моделей.
4. Що таке приєднана процедура ?
5. Що таке демон?
6. Що таке мережі подібностей і відмінностей? Опишіть їх можливі застосування.
7. Що таке сценарій?
8. Опишіть послідовність подій з деякої предметної області у вигляді сценарію, що залежить від ролей і змінних.
9. Поясніть зв'язок між фреймовими моделями та об'єктно-орієнтованими моделюванням і програмуванням.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Тема: Логічні моделі.

Мета: Навчитися представляти знання у вигляді логічних моделей.

Перелік питань, які студент повинен знати: логічна модель, логіка висловлювань, логіка предикатів, резолюція

Короткі теоретичні відомості

Одним з основних засобів подання знань є логічні моделі. Вони дозволяють однозначно теоретично обґрунтовувати і реалізовувати формально точні логічні побудови. Недоліком логічних моделей є формальний процедурний стиль мислення, який відрізняється від логіки людини – інтелектуальної моделі з нечіткою структурою.

Логічною моделлю L називається формальна система, що задається четвіркою елементів $L = \langle T, P, A, B \rangle$, де T – алфавіт (множина базових елементів); P – множина синтаксичних правил, на основі яких конструюються правильно побудовані формули; A – множина всіх аксіом (формули, що приймаються за істинні); B – множина правил виведення.

У рамках логічної моделі істинному висловлюванню відповідає теорема, тобто правильно побудована формула, яка може бути виведена з аксіом шляхом скінченного числа застосувань правил виведення.

Прикладами такої формальної системи є логіка висловлювань і логіка предикатів.

У логіці висловлювань передбачається, що кожна правильно побудована формула є висловлюванням, що може бути істинним або хибним. Наприклад, Київ – столиця України.

Для позначення висловлювань використовують символи, що називаються атомарними формулами.

Для одержання складених висловлювань використовують логічні зв'язки – операції, що наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Логічні зв'язки

Логічна зв'язка	Значення
\wedge	Кон'юнкція (AND – єднальні висловлювання)
\vee	Диз'юнкція (OR – розділові висловлювання)
\sim	Заперечення (NOT)
\rightarrow	Умовна операція (якщо... то)
\leftrightarrow	Двостороння умовна операція (якщо і тільки якщо)

Значення бінарних логічних зв'язок наведені у таблиці 6. Операцію заперечення застосовують лише до одного операнда, який слідує за цим знаком (табл. 7).

Таблиця 6

Таблиця істинності для бінарних логічних зв'язок

p	q	$p \wedge q$	$p \vee q$	$p \rightarrow q$	$p \leftrightarrow q$
Істина	Істина	Істина	Істина	Істина	Істина
Істина	Хиба	Хиба	Істина	Хиба	Хиба
Хиба	Істина	Хиба	Істина	Істина	Хиба
Хиба	Хиба	Хиба	Хиба	Істина	Істина

Таблиця істинності для логічної зв'язки заперечення

p	$\sim p$
Істина	Хиба
Хиба	Істина

Якщо формула є істинною в усіх можливих її інтерпретаціях, то вона є загальнозначущою формулою (тавтологією) і її позначають знаком ■. Якщо ж формула помилкова при всіх її інтерпретаціях, то кажуть, що вона є суперечливою. Її позначають знаком □. Суперечлива формула є нездійсненою.

Приклад 16. Визначимо, чи є вираз $\sim (p \wedge q) \rightarrow (\sim p \vee \sim q)$ формулою логіки висловлювань. Побудуємо таблицю істинності даної формули:

Таблиця 8

p	q	$p \wedge q$	$\sim (p \wedge q)$	$\sim p$	$\sim q$	$(\sim p \vee \sim q)$	$\sim (p \wedge q) \rightarrow (\sim p \vee \sim q)$
Істина	Істина	Істина	Хиба	Хиба	Хиба	Хиба	Істина
Істина	Хиба	Хиба	Істина	Хиба	Істина	Істина	Істина
Хиба	Істина	Хиба	Істина	Істина	Хиба	Істина	Істина
Хиба	Хиба	Хиба	Істина	Істина	Істина	Істина	Істина

Отже, наведений вираз є формулою логіки висловлювань.

Приклад 17. Формалізуємо висловлювання «Якщо у вечері буде дощ, то Олег або залишиться вдома, або візьме таксі» за допомогою мови логіки висловлювань.

Виокремимо всі прості висловлювання, які входять до даного складного висловлювання, та позначимо їх пропозиційними змінними:

- буде дощ – p ;
- Олег залишиться вдома – r ;
- Олег візьме таксі – z .

До складу даного досліджуваного висловлювання входять такі граматичні сполучники: «якщо...», «...або...». Їм відповідають логічні сполучники «імплікація» та «диз'юнкція».

Тоді формула наведеного висловлювання набуде вигляду: $p \rightarrow (r \vee z)$.

У логіці предикатів першого порядку до понять логіки висловлювань додають ще три логічних поняття: терми, предикати та квантори.

Предикатом називається деяка логічна функція від довільного числа аргументів, яка приймає одне з двох можливих значень – «істина» або «хиба».

Приклад 18. Розглянемо фразу « X менше за $(11 - 4)$ ». Цей предикат є функцією від аргументна X і набуває значення «істина» при $X = 3$, і «хиба» при $X = 10$.

В численні предикатів розрізняють такі складові:

- 1) константи (константні терми) c_1, c_2, \dots, c_n ;
- 2) змінні (змінні терми) x_1, x_2, \dots, x_n ;
- 3) функціональні літери f_1, f_2, \dots, f_n ;
- 4) предикатні літери p_1, p_2, \dots, p_n ;
- 5) логічні символи $\rightarrow, \leftrightarrow, \&, \vee, \sim, \forall, \exists$;
- 6) спеціальний символ \square .

У логіці предикатів елементарним об'єктом, який має значення «істина», є атомарна формула (літерал). Атомарна формула записується як позначення предиката і має такий вигляд: $P(t_1, t_2, \dots, t_n)$, де P – позначення предиката, (t_1, t_2, \dots, t_n) – терми. Число термів для кожного предиката фіксоване і називається його арністю.

З кожним предикатом може бути пов'язаний квантор – елемент, який визначає, за яких умов предикат перетворюється на істинне висловлювання. Розрізняють квантор узагальнення і квантор існування.

Основні тотожні перетворення наведені у табл. 9.

Таблиця 9

Таблиця деяких елементарних кванторів та їх значень

Формула	Значення
$(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(x))$	Для усіх x , усі $P \in Q$
$(\forall x)(P(x) \rightarrow \sim Q(x))$	Для усіх x , жоден P не $\in Q$
$(\exists x)(P(x) \wedge Q(x))$	Для деяких x , $x \in P$ і Q
$(\exists x)(P(x) \wedge \sim Q(x))$	Для деяких x , $x \in P$ і не Q
$(\forall x)P(x)$	Для усіх x , $x \in P$
$(\exists x)P(x)$	Деякі $x \in P$ (або існує P)
$\sim (\forall x)P(x)$	Не усі $x \in P$ (або деякі $x \in P$)
$(\forall x) \sim P(x)$	Усі x не $\in P$
$(\forall x)(\exists y)P(x, y)$	Для усіх x , існує y , такий що P
$(\exists x) \sim P(x)$	Деякі $x \in$ не P

Приклад 19. Формалізуємо висловлювання «Деякі студенти мешкають у гуртожитку» за допомогою мови логіки предикатів.

До складу висловлювання входять два предикати: «бути студентом» та «мешкати в гуртожитку». Позначимо їх відповідно символами P та Q .

Наведене висловлювання також містить квантор існування («деякі»). Цей квантор при формалізації потребує застосування логічного сполучника «кон'юнкція».

Запишемо формулу наведеного висловлювання: $\exists x(P(x) \wedge Q(x))$.

Приклад 20. Побудуємо базу знань предметної області на основі такого неформального опису «Усім людям подобаються цукерки. Дехто любить шоколадні цукерки. Олені не подобаються цукерки з мигдальними пластівцями».

Введемо такі предикати та предметні константи:

- $L(x, y)$ – x подобається y ;
- $S(x)$ – x є людиною;
- A – предметна константа, яка означає «цукерки»;
- O – предметна константа, яка відповідає Олені;
- Q – предметна константа, яка означає шоколадні цукерки.

Отримаємо базу знань:

$$\begin{aligned} \forall x : (\sim S(x) \vee L(x, A)) \\ \exists x : (S(x) \vee L(x, Q)) \\ S(I) \\ \sim L(I, Q) \end{aligned}$$

Диз'юнктом (фразою теорії) називається диз'юнкція деякої кількості атомарних формул.

У теорії і практиці автоматичного доведення теорем найважливішими є фрази спеціального типу, які називаються фразами Хорна.

Фразою Хорна називається диз'юнкція довільної кількості атомарних формул, з яких позитивною є не більше ніж одна.

Найефективнішим з автоматизованих методів доведення на основі логіки предикатів є метод резолюції.

Правило резолюції формулюється так: якщо в будь-яких двох диз'юнктах A_1 і A_2 існує конкретна пара літер ($L_i \sim L$), то видаливши ці літери можна побудувати диз'юнкцію з тих частин диз'юнктів A_1 і A_2 , які залишились.

Приклад 21. Розглянемо силіогізми у вигляді формул і тверджень:

1.	$p \rightarrow q$	Якщо хижак, то вовк.
	$q \rightarrow z$	Якщо вовк, то їсть м'ясо.
Висновок $p \rightarrow z$ Якщо хижак, то їсть м'ясо.		
2.	$p \rightarrow q$	Усі люди смертні.
	p	Людина – Сократ.
Висновок q Сократ – смертний.		
3.	$p \rightarrow q$	Якщо сік фруктовий, то солодкий.
	$\sim q$	Цей напій не солодкий.
Висновок $\sim p$ Цей напій – не сік.		

Завдання для роботи в аудиторії

1. Визначити, чи є наведені вирази формулою логіки висловлювань:
 - $(p \wedge (p \vee q)) \rightarrow p$;
 - $p \vee ((\sim q \rightarrow p) \rightarrow (\sim p \vee \sim q))$;
 - $\sim (p \wedge (p \vee \sim q)) \leftrightarrow (p \wedge \sim q)$.
2. Формалізуйте висловлювання за допомогою мови логіки висловлювань:
 - за гроші здоров'я не купиш;
 - ні Північ, ні Південь не здобули перемогу у громадянській війні;
 - якщо я втомлений або голодний, то не можу працювати.
3. Формалізуйте висловлювання за допомогою мови логіки предикатів:
 - крадіжка – це злочин;
 - будь-який договір є угодою;
 - жоден кіт не товаришує з мишами;
 - кожний когось любить;
 - деякі програмісти не є інтелектуалами;
 - існують програмісти;
 - кожний є не програмістом;
4. Побудуйте базу знань предметної області на основі неформального опису:
 - 1) Усі птахи є тваринами. Деякі птахи вміють літати. Пінгвін – це птах, що не літає.
 - 2) Усі автомобілі є транспортними засобами. Деякі автомобілі не мають подушок безпеки. Автомобіль A має подушку безпеки.
5. Відновити міркування у повному вигляді та визначити логічну форму міркування:
 - 1) Студент отримує підвищену стипендію. Якщо студент отримує підвищену стипендію, то він усі іспити в сесію склав на «відмінно». Отже ...
 - 2) Людина п'є чай кожного дня. Якщо кожен день пити чай, то колись до голих прийде хороша ідея. Отже ...
 - 3) Квадрат – це паралелограм у якого всі сторони і кути рівні. Ця фігура – не паралелограм. Отже ...

Завдання для самостійного опрацювання

1. Формалізуйте висловлювання за допомогою мови логіки висловлювань:
 - 1) «Людина родиться для щастя й для радості» (О. Довженко);
 - 2) «Хто вмер, але не забутий, той безсмертний» (Лао-Цзи);
 - 3) «Сонце заходить, гори чорніють, пташечка тихне, поле німіє» (Т. Шевченко);
 - 4) хто думає, той і розум має;

- 5) поганий вчинок – поганий кінець;
 - 6) лихої жінки, вогню та води не побороти;
 - 7) не є злочином дія, вчинена у стані необхідної оборони;
 - 8) Оксана залишиться, і вона або Вікторія будуть чекати;
 - 9) Ірина буде щасливою, якщо Олександр і Андрій танцюватимуть;
 - 10) Якщо він розумна людина, то він побачить свою помилку, якщо він щира людина, то він її визнає;
 - 11) якщо він хворий або у відрядженні, то не може відвідувати пари;
 - 12) під лежачий камінь вода не тече;
 - 13) якщо «Динамо» або «Шахтар» виграє, то «Ворскла» посяде останнє місце і моя ставка зіграє;
 - 14) маючи борошно, вершки, цукор, фрукти, можна приготувати торт;
 - 15) я переглядаючи цей фільм та читаючи цю книгу, забув написати листа.
2. Формалізуйте висловлювання за допомогою мови логіки предикатів:
- 1) жодна собака не товаришує з котами;
 - 2) ніхто не без гріха;
 - 3) всі люди грішні;
 - 4) більшість рік не зміліла;
 - 5) Шевченко народився у селі Моринці;
 - 6) ніколи не говори «ніколи»;
 - 7) не всі його відповіді правильні;
 - 8) усі пішли за ним;
 - 9) жодна демократична країна не підтримує тероризм;
 - 10) ніхто не любить бути переможеним;
 - 11) більшість вулканів не згасли;
 - 12) все має якусь причину;
 - 13) всі християни вірять у Христа;
 - 14) деякі істини не можна спростувати;
 - 15) Шекспір народився у Стратфорді.
3. Побудуйте базу знань предметної області на основі неформального опису:
- 1) Усі люди мають мобільні телефони. Деякі люди віддають перевагу мобільним телефонам, які виготовляє фірма «Захід». Іванов є людиною, але йому не подобаються телефони фірми «Захід».
 - 2) Усі собаки є тваринами. Деякі собаки мають господарів. Дружок – собака, але не має господаря.
 - 3) Деякі банки є комерційними. Усі вони надають кредити. Банк *A* є комерційним, але кредити не надає.
 - 4) Деякі кораблі знаходяться у бухті. Усі кораблі є транспортними засобами. Корабель *A* є транспортним засобом, але перетворений на музей.

- 5) Усім людям подобаються свята. Деякі люди святкують надто довго. Іванов є людиною, але не полюбляє святкувати.
 - 6) Усі тварини є живими істотами. Деякі тварини є хижаками. Дружок є твариною, але не хижаком.
 - 7) Деякі мультиплікаційні герої є кумедними. Усі кумедні герої подобаються дітям. Вінні-Пух є найкумеднішим мультиплікаційним героєм.
 - 8) Усі діти полюбляють кондитерські вироби. Деякі діти віддають перевагу морозиву. Олена – дитина, але не їсть морозиво.
 - 9) Усі люди відвідують театри. Деяким людям подобаються драматичні постановки. Людина *A* віддає перевагу іншим постановкам.
 - 10) Усі соковмісні напої є смачними. Деякі соковмісні напої є солодкими. Соковмісний напій *A* не солодкий.
 - 11) У деяких країнах взимку випадає багато снігу. Ці країни вміють швидко реагувати на зміну погоди. У країні *A* взимку випадає багато снігу, але вона не вміє швидко реагувати на її зміну.
 - 12) Усі професори опублікували декілька монографій. Деякі професори викладають в університеті. *A* не є професором, але викладає в університеті.
 - 13) Усі молочні продукти є корисними. Деякі молочні продукти швидко псуються. Сирна маса *A* ще не зіпсувалася.
 - 14) Деякі студенти п'ють каву. Усі вони додають у каву цукор. Іванов є студентом, але п'є каву без цукру.
 - 15) Усі листи знаходять свої адресатів. Деякі листи надсилають на замовлення. Лист *A* є звичайним.
4. Відновити міркування у повному вигляді та визначити логічну форму міркування:
- 1) Усі політки – люди. Деякі люди не є добропорядними. Отже ...
 - 2) Усяка наука має свій предмет дослідження. Логіка – наука. Отже ...
 - 3) Якщо студент спить на лекціях, то він не знає логіки. Якщо студент не знає логіки, то він не складе іспит. Отже ...
 - 4) Якщо у людини є совість, то вона визнає свої помилки. Це людина не визнає своїх помилок. Отже ...
 - 5) Будь-який студент – людина. Будь-яка людина відповідає сама за себе. Отже ...
 - 6) Якщо лекція складна, студенти її погано засвоять. Цю лекцію погано засвоїли. Отже ...
 - 7) Будь-яка комета – небесні тіло. Деякі небесні тіла – планети. Отже ...
 - 8) Якщо бувають сильні морози, то квіти гинуть. Квіти загинули. Отже ...

- 9) Якщо обвинувачуваний займався шахрайством, він має бути притягнений до кримінальної відповідальності. Обвинувачуваний А займався шахрайством.
- 10) Київ – столиця. Усі столиці – міста. Отже ...
- 11) Усі студенти складають іспити. Олег не склав іспит. Отже ...
- 12) Якщо дія обов'язкова, то вона не заборонена. Те, що не заборонено – дозволено. Отже ...
- 13) Деякі метали тверді. Метал – залізо. Отже ...
- 14) Усі злочини – суспільно небезпечні діяння. Суспільно небезпечне діяння – підпал. Отже ...
- 15) Жодний відпочинок не є роботою. Відпочинок – гра в нарди. Отже ...

Контрольні питання

1. Дайте визначення логічної моделі.
2. Дайте визначення предиката.
3. Назвіть основні складові у численні предикатів.
4. Дайте визначення кванторів узагальнення та існування.
5. Дайте визначення атомарної формули.
6. Дайте визначення диз'юнкта.
7. Що таке фраза Хорна?
8. Що таке констант і функції Сколема?
9. Сформулюйте правило резолюції. Наведіть приклади застосування даного правила.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: Продукційні моделі.

Мета: Навчитися представляти знання у вигляді продукцій.

Перелік питань, які студент повинен знати: продукція, продукційна модель, мережа виведення, стратегії логічного виведення у продукційних системах, дисципліни виконання продукцій, стратегії вирішення конфліктів

Короткі теоретичні відомості

Продукцією називається правило виду «Якщо А, то В».

Представлення знань у вигляді сукупності продукцій називається **продукційною моделлю**. Формально продукцію описують таким чином:

$$i(Q); P; A \Rightarrow B; N,$$

де i – ім'я продукції; Q – предметна область застосування продукції; P – передумова застосування продукції; $A \Rightarrow B$ – імплікація; N – постумова продукції.

Приклад 22. Зобразимо продукційну систему «Якщо фрукт є кислим на смак, має жовте забарвлення, овальну форму, то це – лимон» у формалізованому вигляді.

Продукції можуть описувати імплікації (з істинності A впливає істинність B), задавати умовні операції (якщо справедлива умова A , то виконати дію B), бути правилами підстановки (змінити A на B).

Системи продукцій зручно зображати у вигляді графів, які називаються мережами виведення.

У мережах виведення вершини графу відповідають умовам і діям, що відповідають складовим частинам продукцій. Якщо в продукційній системі є продукція $A \rightarrow B$, то від вершини A до вершини B йде орієнтована дуга. Якщо ж продукція $A, B \rightarrow C$, то дуги (AC) та (BC) зв'язані відношенням кон'юнкції.

Приклад 23. Для продукційної системи

$$A \rightarrow B$$

$$B \rightarrow C$$

$$C, F \rightarrow L$$

$$F \rightarrow Q$$

$$D, C \rightarrow G$$

мережа виведення має такий вигляд (рис. 15):

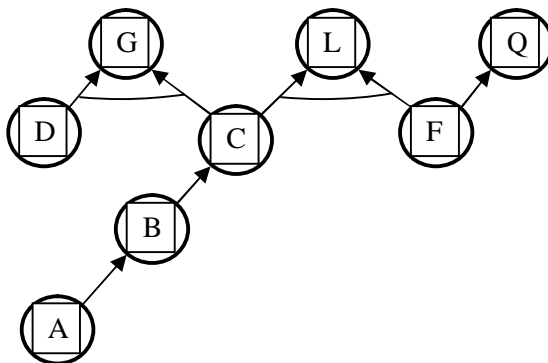


Рис. 15 – Мережа виведення для продукційної системи

Існують дві основні стратегії логічного виведення в продукційних системах: пряме та зворотне. Пряме виведення на основі наявних правил передбачає аналіз усіх наслідків з фактів; 2) наслідків із наслідків. Процес продовжується доки не буде встановлено істинність або хибність запиту користувача. При зворотньому виведенні логічний блок починає роботу із запиту користувача, тобто з твердженням, яке перевіряється. Розглядається одне з правил, на основі яких можна вивести це твердження, після чого перевіряється істинність лівої частини цього правила. Процес повторюється доки не дійде до фактів, які вважаються істинними.

Ядра продукції прийнято поділяти на детерміновані і недетерміновані. У детермінованих продукціях при виконання лівої частини завжди виконується права. У недетермінованих продукціях права частина при виконанні лівої виконується необов'язково.

Виділяють такі режими керування рівноцінними складовими продукції:

- режим негайного виконання;
- режим формування конфліктного набору.

У режимі негайного виконання, якщо знайдена перша-ліпша продукція, саме вона виконується невідкладно. У режимі формування конфліктного набору знайдені готові продукції не виконуються відразу, а включаються до конфліктного набору – списку продукцій, готових до виконання.

Розрізняють також централізоване і децентралізоване керування продукціями.

Приклад 24. Опишемо предметну область «Надання кредиту фізичним та юридичним особам» правилами типу якщо (умова) то (результат).

Опишемо предметну область. У ринковій й інфраструктурі банки посідають важливе місце. Це пов'язано зі здатністю банків управляти системою платежів і розрахунків; більшу частину своїх комерційних угод здійснювати через вклади, інвестиції та кредитні операції, спрямовувати заощадження населення до виробничих структур; згідно з грошово-кредитною політикою держави регулювати рух грошових потоків, впливаючи на швидкість їхнього обороту, емісію, рівень інфляції і в підсумку визначати ступінь економічного розвитку країни тощо.

До банку надходять заявки (юридичних та фізичних осіб), які бажають отримати кредит на придбання майна. Кожен споживач подає свої вимоги, а банк пропонує відповідні послуги (відповідний договір, термін кредитування, суму кредиту та інше), або відхиляє заявку.

Кожен потенційний споживач подає відповідну інформацію, де зазначає перелік кредитних програм, суму кредиту, кредитну оцінку, відшкодування збитків, вид майна.

Кредити надаються на певних умовах. Умови надання кредитів залежать від волі конкретного банку та виду майна, що купується. Такі умови називаються кредитними програмами. Нехай існують такі види кредитних програм: «А», «В», «С», «D», «Е».

Споживачі можуть купувати у кредит таке майно: нерухомість, транспортні засоби, обладнання, послуги.

Юридичні та фізичні особи можуть укласти такі види кредитних договорів:

- основні;
- додаткові;

– спеціальні.

Договори кредитування можуть укладатися на такі терміни:

- терміном менше 1 року;
- терміном 1 рік;
- терміном 5 років.

Основні умови надання кредиту охоплюють такі аспекти:

- 1) виконання банком своїх зобов'язань згідно кредитного договору;
- 2) принципи погашення кредиту і суму кредитування;
- 3) відшкодування збитків у разі не виконання банком свої зобов'язань.

Принципи погашення кредиту. Величина щорічного платежу за кредитом (A_3) визначається за формулою:

$$A_3 = MBA \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1},$$

де i – ставка відсотку за кредитом; n – термін кредитування; MBA – сума кредитування.

Тоді логіко-продукційна модель набуде вигляду:

Умова надання кредиту (Виконання банком своїх зобов'язань (Вик_зобов); Сума кредиту (Сума_кр); Кредитна оцінка (Кр_оцінка); Відшкодування збитків (Відшк_зб))

(Виконання банком своїх зобов'язань = «Повний перелік кредитних програм»; Виконання банком своїх зобов'язань = «Неповний перелік кредитних програм»)

(Сума_кр = «недостатня»; Сума_кр = «достатня»; Сума_кр = «завищена»)

(Кр_оцінка = «повернення боргу»; Кр_оцінка = «відсотки за користування кредитом»)

(Відшк_зб = «пропорційна відповідальність»; Відшк_зб = «стандартно»)

Вид кредитування (Вид договору (В_догов), Вид майна (В_майна))

(В_догов = «основний»; В_догов = «додатковий»; В_догов = «спеціальний»)

(В_майна = «нерухомість»; В_майна = «транспортні засоби»; В_майна = «обладнання»)

Кредитування майна (термін кредитування (Терм_кр); результат)

(Терм_кр = «менше року»; Терм_кр = «1рік»; Терм_кр = «5 років»; Терм_кр = «15 років»)

Якщо умова надання кредиту (повний перелік кредитних програм, «достатня», «повернення боргу», «пропорційна відповідальність» \cap Вид кредитування «основний», «транспортні засоби»), то Кредитування майна («термін 5 років»; «так»)

Якщо умова надання кредиту (повний перелік кредитних програм, «достатня», «повернення боргу», «пропорційна відповідальність» \cap Вид кредитування «додатковий», «транспортні засоби»), то

Кредитування майна («термін 1 рік»; «так»)

Якщо умова надання кредиту (повний перелік кредитних програм, «достатня», «повернення боргу», «пропорційна відповідальність» \cap Вид кредитування «спеціальний», «послуги»), то

Завдання для роботи в аудиторії

1. Побудувати мережу виведення для продукційної системи:
 - 1) $A, B \rightarrow C; C \rightarrow F; C \rightarrow P; G \rightarrow P; L, N \rightarrow A.$
 - 2) $A \rightarrow B; B \rightarrow C; C \rightarrow D; D \rightarrow E; N \rightarrow D; K \rightarrow C; F, P \rightarrow K; B \rightarrow M; N \rightarrow Q.$
2. Побудувати предикатно-продукційну модель предметної області «Страхування фізичних осіб».

Завдання для самостійного опрацювання

1. Навести власний приклад продукційної системи у формалізованому вигляді.
2. Побудувати предикатно-продукційну модель предметної області:
 - 1) управління цінними паперами;
 - 2) придбання нерухомості;
 - 3) відпуск товарів зі складу за видатковою накладною.
 - 4) придбання автомобіля;
 - 5) вибір транспортного маршруту;
 - 6) побудова локальної мережі;
 - 7) відкриття депозитного рахунку;
 - 8) оренда майна;
 - 9) медична діагностика очних захворювань;
 - 10) підбір кадрів;
 - 11) придбання пилососа;
 - 12) підбір туристичної подорожі;
 - 13) діагностика не справжностей автомобіля;
 - 14) оцінка врожаю;
 - 15) визначення основних властивостей особистості (темпераменту людини).

Контрольні питання

1. Дайте визначення продукції, продукційної моделі та продукційної системи.
2. Опишіть поняття «мережа виведення».
3. Опишіть типову схему роботи проекційної системи.
4. Які ви знаєте стратегії логічного виведення в продукційних системах?
5. Що таке пряме виведення? Наведіть приклад.
6. Що таке зворотне виведення? Наведіть приклад.
7. Яка стратегія логічного виведення (пряма чи зворотна) вважається ефективнішою?

8. Чи впливає порядок виконання продукцій у продукційних системах на результат їх функціонування? Поясніть чому.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Тема: Проектування експертних систем.

Мета: Навчитися проектувати експертні системи.

Перелік питань, які студент повинен знати:

Короткі теоретичні відомості

Експертною системою називається інтелектуальна програма здатна розв'язувати задачі, що вимагають експертних знань людини у певній предметній області, на основі наявної бази знань, і яка підтримує функції обґрунтування, пояснення та **виправданя**.

Елементами експертної системи є:

- користувацький інтерфейс – механізм за допомогою якого відбувається спілкування користувача та експертної системи;
- система пояснень – компонент, що дозволяє пояснити користувачу хід роздумів системи;
- робоча пам'ять (база даних) – база фактів, що використовуються правилами;
- розв'язувач – програмна компонента, що забезпечує формування логічного висновку;
- список правил;
- підсистема накопичення знань.

Перш ніж розпочати проектування експертної системи необхідно провести попередні роботи: зв'язувати чи можливо взагалі розробити експертну систему у даній предметній області; якою буде користь від створеної експертної системи; чи відповідає поставлена задача експертним методам.

Основними етапами розробки експертної системи є: ідентифікація, концептуалізація; формалізація; виконання; дослідна експлуатація; тестування.

На етапі ідентифікації визначають завдання та мету розробки, додаткові умови розв'язуваної задачі, потрібні для розробки ресурси і категорії користувачів.

На етапі концептуалізації проводиться змістовний аналіз проблемної області, визначаються поняття і їх взаємозв'язки, обираються методи розв'язання задач.

На етапі формалізації визначають інструментальні засоби і способи представлення всіх видів знань, формалізуються основні поняття, обираються способи інтерпретації знань, моделюється робота системи – виробляють структуру знань.

На етапі виконання відбувається наповнення експертом бази знань. виділяють два методи добування знань – метод спостереження та інтуїтивний метод.

Етап дослідної експлуатації визначає здатність експертної системи вирішувати завдання, придатність системи для роботи з користувачами, можливість налаштувань.

При тестуванні експертну систему перевіряють на двох, трьох прикладах. Джерелами невдачі при тестуванні, зазвичай, є помилки введення-виведення; помилкова керуюча стратегія; обмеженість тестових прикладів.

Приклад 25. Використовуючи наведену у практичному занятті 7 предикатно-продукційну модель предметної області «Надання кредиту фізичним та юридичним особам» спроектуюмо експертну систему.

Логіко-продукційна модель.

Умова надання кредиту (Виконання банком своїх зобов'язань (Вик_зобов); Сума кредиту (Сума_кр); Кредитна оцінка (Кр_оцінка); Відшкодування збитків (Відшк_зб))

Вид кредитування (Вид договору (В_догов), Вид майна (В_майна))

Кредитування майна (термін кредитування (Терм_кр); результат)

Якщо умова надання кредиту (повний перелік кредитних програм, «достатня», «повернення боргу», «пропорційна відповідальність» \cap Вид кредитування «основний», «транспортні засоби»), то

Кредитування майна («термін 5 років»; «так»)

Якщо умова надання кредиту (повний перелік кредитних програм, «достатня», «повернення боргу», «пропорційна відповідальність» \cap Вид кредитування «додатковий», «транспортні засоби»), то

Кредитування майна («термін 1 рік»; «так»)

Якщо умова надання кредиту (повний перелік кредитних програм, «достатня», «повернення боргу», «пропорційна відповідальність» \cap Вид кредитування «спеціальний», «послуги»), то

Кредитування майна («менше 1 року»; «так»)

Модуль автоматичного набуття знань.

Сформуємо деяку навчальну вибірку. Розглянемо 11 різних ситуацій. У нашому випадку одна ситуація – це запит особи до банку про надання кредиту.

Нехай кожний запит містить 6 полів (атрибутів). Навчальний вибірка містить значення атрибутів-ознак, що формують поведінку із множини альтернатив. Кожен з 11 випадків є сукупністю значень атрибутів і опису дії, які слід виконати, якщо він трапиться. Навчальна вибірка наведена таблицею, стовпцями якої є атрибути-ознаки (A_i) і атрибут-дія ($Re z$), рядки-приклади міркувань.

Для побудови правил використовують такі імплікативні формули:

$$\forall t_l, t_k (t_l(Re z) \neq t_k(Re z) \Rightarrow t_l(X) \neq t_k(X), l \neq k) \quad (1)$$

$$\forall t_l, t_k (t_l(X) = t_k(X) \Rightarrow t_l(Re z) = t_k(Re z), l \neq k) \quad (2)$$

Загальна схема індуктивних міркування є такою: фіксуємо якийсь атрибут і виписуємо рядки з однаковими значеннями. Далі перевіряємо чи виконується права частина імплікативної залежності (2). Якщо рівність виконується, то формуємо кінцеву гіпотезу, інакше – формуємо часткову гіпотезу, скорочуючи таблицю (викреслюємо рядки, де рівність виконується, і стовпець, який відповідає поточному атрибуту), і розглядаємо наступний атрибут. Кінцева гіпотеза формується з врахуванням часткової гіпотези, одержаної на попередньому кроці.

На кожному кроці атрибут визначають довільно, але існує найкращий вибір. Критерієм такого вибору є імплікативна залежність (1). Із множини можливих атрибутів обирають той, що має найбільше число пар рядків таблиці, для яких при різних значеннях атрибута (Rez) значення самого атрибута-ознаки є різними.

Таблиця 9

Навчальна вибірка

№	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	Rez
1.	PPR	D	Svi	S	Spe	Or	A
2.	PPR	D	Svi	PV	Dod	VL	B
3.	PPR	-	Svi	PV	Dod	VL	B
4.	PPR	D	Svi	PV	-	VL	B
5.	PPR	D	SV	PV	O	VL	C
6.	PPR	D	SV	PV	-	VL	C
7.	PPR	D	SV	PV	O	-	C
8.	NPR	N	-	PV	O	Der	D
9.	PPR	Z	SV	-	Dod	Or	D
10.	NPR	Z	Svi	S	Spe	Der	D
11.	NPR	N	-	S	O	-	D

де:

Атрибут	Назва атрибута-ознаки
A_1	Виконання банком своїх зобов'язань
A_2	Сума кредиту
A_3	Кредитна оцінка
A_4	Відшкодування збитків
A_5	Вид договору
A_6	Вид майна

Rez	Назва атрибута-дії
A	менше року
B	1 рік
C	5 років
D	відхилити

Значення атрибутів-ознаки	
PPR	повний перелік кредитних програм
NPR	неповний перелік кредитних програм
N	недостатня
D	достатня
Z	завищена
SV	повернення боргу
Svi	відсотки за користування кредитом
PV	пропорційна відповідальність
S	стандартно
O	основний
Dod	додатковий
Spe	спеціальний
Der	нерухомість
VL	транспортні засоби
Or	обладнання

Крок 1. Обчислимо кількість комбінацій значень атрибутів наведених для таблиці 9:

$$A_1 = 21; A_2 = 24; A_3 = 19; A_4 = 19; A_5 = 21; A_6 = 22.$$

Максимальну кількість комбінацій має атрибут A_2 :

$$A_2 = D : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7;$$

$$A_2 = N : 3, 8;$$

$$A_2 = Z : 3, 9, 10.$$

Перевіримо імплікативну залежність для $A_2 = D$:

$$t_1(Rez) = A \neq t_2(Rez) = t_3(Rez) = t_4(Rez) = B \neq t_5(Rez) = t_6(Rez) = t_7(Rez) = C.$$

Фіксуємо в табл. 10 атрибут $A_2 = D$ та скорочуємо таблицю.

Таблиця 10

Навчальна вибірка при $A_2 = D$

№	A_1	A_3	A_4	A_5	A_6	Rez
1.	PPR	Svi	S	Spe	Or	A
2.	PPR	Svi	PV	Dod	VL	B
3.	PPR	Svi	PV	Dod	VL	B
4.	PPR	Svi	PV	-	VL	B
5.	PPR	SV	PV	O	VL	C
6.	PPR	SV	PV	-	VL	C
7.	PPR	SV	PV	O	-	C

Крок 2. Обчислимо кількість комбінацій значень атрибутів наведених для таблиці 10:

$$A_1 = 0; A_3 = 12; A_4 = 6; A_5 = 8; A_6 = 5.$$

Максимальне значення комбінацій має атрибут A_3 :

$$A_3 = Svi : 1, 2, 3, 4;$$

$$A_3 = SV : 5, 6, 7.$$

Перевіримо імплікативну залежність для $A_3 = Svi$:

$$t_1(Rez) = A \neq t_2(Rez) = t_3(Rez) = t_4(Rez) = B. \quad (*)$$

Оскільки імплікативна залежність не виконується, фіксуємо в табл. 10 атрибут $A_3 = Svi$ та скорочуємо таблицю.

Таблиця 11

Навчальна вибірка при $A_3 = Svi$

№	A_1	A_4	A_5	A_6	Rez
1.	PPR	S	Spe	Or	A
2.	PPR	PV	Dod	VL	B
3.	PPR	PV	Dod	VL	B
4.	PPR	PV	-	VL	B

Крок 3. Обчислимо кількість комбінацій значень атрибутів наведених для табл. 10:

$$A_1 = 0; A_4 = 3; A_5 = 2; A_6 = 3.$$

Максимальне значення комбінацій має атрибут A_4 :

$$A_4 = S : 1;$$

$$A_4 = PV : 2, 3, 4.$$

Наведені розрахунки свідчать, що число комбінацій відповідних таблиць рівні 0. Отже, маємо правило для атрибута $A_4 = S$.

Перевіримо імплікативну залежність для $A_4 = PV$:

$$t_2(A_4) = t_3(A_4) = t_4(A_4) \Rightarrow t_2(Rez) = t_3(Rez) = t_4(Rez).$$

Також отримали правило.

Крок 4. Представимо табл. 11 у вигляді двох підтаблиць із фіксованими атрибутами $A_4 = S$ та $A_4 = PV$.

Таблиця 12

Навчальна вибірка при $A_4 = S$

№	A_1	A_5	A_6	Rez
2.	PPR	Dod	VL	B
3.	PPR	Dod	VL	B
4.	PPR	-	VL	B

Таблиця 13

Навчальна вибірка при $A_4 = PV$

№	A_1	A_5	A_6	Rez
1.	PPR	Spe	Or	A

Крок 5. Звернемося табл. 10. Оскільки імплікативна залежність (*) не виконується, фіксуємо в табл. 10 атрибут $A_3 = SV$ та скорочуємо.

Навчальна вибірка при $A_3 = SV$

№	A_1	A_4	A_5	A_6	$Re z$
5.	PPR	PV	O	VL	C
6.	PPR	PV	-	VL	C
7.	PPR	PV	O	-	C

Число комбінацій для атрибуту $A_3 = SV$ рівне 0.

Перевіримо імплікативну залежність для $A_3 = SV$:

$$t_5(A_3) = t_6(A_3) = t_7(A_3) \Rightarrow t_5(Re z) = t_6(Re z) = t_7(Re z).$$

Утворене правило запишемо до дерева рішень.

Крок 6. Звернемося табл. 9. Оскільки імплікативна залежність (*) не виконується, то фіксуємо в табл. 9 атрибут $A_2 = N$ та скорочуємо.

Навчальна вибірка при $A_2 = N$

№	A_1	A_3	A_4	A_5	A_6	$Re z$
8.	NPR	-	PV	O	Der	D
11.	NPR	-	S	O	-	D

Число комбінацій для атрибуту $A_2 = N$ рівне 0.

Перевіримо імплікативну залежність для $A_2 = N$:

$$t_8(A_2) = t_{11}(A_2) \Rightarrow t_8(Re z) = t_{11}(Re z).$$

Утворене правило запишемо до дерева рішень.

Крок 7. Звернемося табл. 9. Оскільки імплікативна залежність (*) не виконується, то фіксуємо в табл. 9 атрибут $A_2 = Z$ та скорочуємо.

Навчальна вибірка при $A_2 = Z$

№	A_1	A_3	A_4	A_5	A_6	$Re z$
9.	PPR	SV	-	Dod	Or	D
10.	NPR	Svi	S	Spe	Der	D

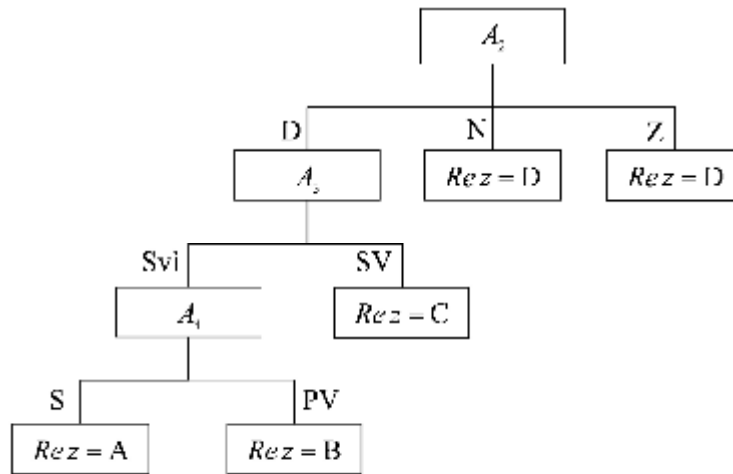
Число комбінацій для атрибуту $A_2 = Z$ рівне 0.

Перевіримо імплікативну залежність для $A_2 = Z$:

$$t_9(A_2) = t_{10}(A_2) \Rightarrow t_9(Re z) = t_{10}(Re z).$$

Утворене правило запишемо до дерева рішень.

Дерево рішень зображено на рис. 16.



**Рис. 16 – Дерево рішень
Завдання для роботи в аудиторії**

Спроекувати експертну систему предметної області «Страховання фізичних осіб» на основі логіко-предикатної моделі.

Завдання для самостійного опрацювання

Спроекувати експертну систему предметної області на основі логіко-предикатної моделі:

- 1) управління цінними паперами;
- 2) придбання нерухомості;
- 3) відпуск товарів зі складу за видатковою накладною.
- 4) придбання автомобіля;
- 5) вибір транспортного маршруту;
- 6) побудова локальної мережі;
- 7) відкриття депозитного рахунку;
- 8) оренда майна;
- 9) медична діагностика очних захворювань;
- 10) підбір кадрів;
- 11) придбання пилососа;
- 12) підбір туристичної подорожі;
- 13) діагностика не справжностей автомобіля;
- 14) оцінка врожаю;
- 15) визначення основних властивостей особистості (темпераменту людини).

Контрольні питання

1. Дайте означення експертної системи.
2. Наведіть приклади експертних систем.
3. З якою метою створюють експертні системи?

4. Назвіть та опишіть елементи, з яких складається експертна система.
5. З яких етапів складається процес розробки експертної системи?
6. Опишіть основні складові процесу розробки експертної системи.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Тема: Побудова онтологій.

Мета: навчитися представляти знання у вигляді онтологій.

Перелік питань, які студент повинен знати: онтологія, категорії, об'єкти, дії, ситуації

Короткі теоретичні відомості

Онтологією називається певна система понять (концептів, сутностей, класів), відношень між ними та правил операцій над ними у певній предметній області.

Формально онтологія визначається трійкою елементів:

$$O = \{T, R, F\},$$

де T – множина концептів предметної області; R – множина відношень між концептами; F – функції інтерпретації визначені для сутностей і/або відношень онтології.

За рівнем універсальності виділяють такі типи онтологій:

- онтології верхнього рівня (мета онтології) – описують загальні поняття, що не залежать від задач конкретного домену;
- онтології предметних областей – описують відносно загальні поняття для загальних задач;
- онтології додатків – описують поняття, що залежать від домену та розв'язуваної задачі.

Процес побудови онтології складається зі створення:

- класів та їх властивостей;
- властивостей кожної концепції, що описують різноманітні можливості та атрибути концепції (слоти або ролі);
- обмеження слотів (аспекти або обмеження ролей).

Онтологія та множина окремих екземплярів класів утворюють базу знань.

Онтології створюють для:

- спільного використання людьми або програмними засобами загального розуміння структури інформації;
- багаторазового використання знань деякої предметної області;
- перетворення домислів на дійсні знання у предметній області;
- для відокремлення знань у предметній області від поточних знань;
- аналізу знань у предметній області.

На практиці побудова онтологій складається із таких етапів:

- визначення класів у онтології;
- побудова ієрархії класів;
- визначення слотів та їх можливих значень;
- надання слотам конкретних значень.

Приклад 26. Побудуємо онтологію предметної області, описавши онтологію підприємства, що спеціалізується на виробництві сирів.

У результаті створення онтології маємо отримати відповіді на запитання:

- хто відповідає за кожну технологію виготовлення сиру?
- який склад має сир та яка ділянка його виготовила?
- кому звітується кожна ділянка?
- скільки витрачається на виробництво одиниці продукції і який прибуток отримує підприємство від її реалізації?

Визначимо поняття наявні в онтології. На будь-якому промисловому підприємстві є виробничі ділянки. Кожна ділянка відповідає за виготовлення певного виду продукції та має керівника. У створенні кожної продукції приймає участь певний оператор, який може працювати на підприємстві постійно або тимчасово (за трудовим договором). Треба визначити заробітну плату кожного оператора та кому він звітується.

Маючи повний список понять, класифікуємо поняття залежно від виконуваних ними функцій в онтології.

Поняття, що є об'єктами, зокрема, продукція, оператор, подамо у вигляді класів. Властивості класів, зокрема, види продукції, що виготовляються на ділянці, або заробітна плата, подамо у вигляді слотів, а обмеження на властивості або відношення між ними як грані (аспекти).

Нам треба знати хто виготовив певну одиницю продукції, тому створимо типи співробітників та ділянок, які можуть виготовляти продукцію. Таким типам співробітників відповідають класи «Робітник», «Працівники основного виробництва». Додамо робітників-виробників продукції – створимо підкласи класу «Працівники основного виробництва». Цими підкласами будуть «Оператор» та «Майстер ділянки».

Побудуємо ієрархію класів. Зазначимо, що на попередньому етапі розробки онтології класи «Робітник» та «Працівники основного виробництва» знаходять на одному рівні ієрархії. Насправді, працівниками основного виробництва можуть бути операторами основного виробництва, майстрами ділянок та робітниками. Отже, клас «Працівники основного виробництва» є загальним класом для усіх інших.

Створимо клас «Персонал», що характеризує усіх працівників підприємства, незалежно від того чи приймає він участь у безпосередньому створенні продукції чи ні. Підкласами класу «Персонал» будуть «Оператор» і «Майстер дільниці».

Створимо слоти та з'єднаємо їх з класами. Задамо слот «ПІБ» для класу «Працівники основного виробництва» та слот «Заробітна плата» для класу «Персонал». Зауважимо, що будь-який підклас автоматично наслідує усі слоти базових класів. Таким чином, підкласи «Оператор» та «Майстер дільниці» мають слоти «ПІБ» та «Заробітна плата».

Визначимо аспекти/грані слотів. Вважатимемо слот «Заробітна плата», слотом верхнього рівня. Він може набувати лише невід'ємні значення типу float (числа з плаваючою крапкою).

Задамо відношення між класами, що не визначені ієрархією класів. Так, «Майстер дільниці» відповідає, як правило, за декількох працівників. Створимо слот, який описує зв'язок між «Майстром дільниці» та «Персоналом».

Створимо екземпляри класів – надамо класу «Персонал» підкласу «Майстер дільниці» у полі «ПІБ» значень «Іванов», а у полі «Заробітна плата» – 4000 грн. Створимо ще один екземпляр цього класу: «ПІБ» – «Петров», «Заробітна плата» – 3500 грн. Екземпляр «Іванов» можна модифікувати таким чином, що він буде відповідати за екземпляр «Петров».

Наведені міркування графічно зображено на рис. 16.

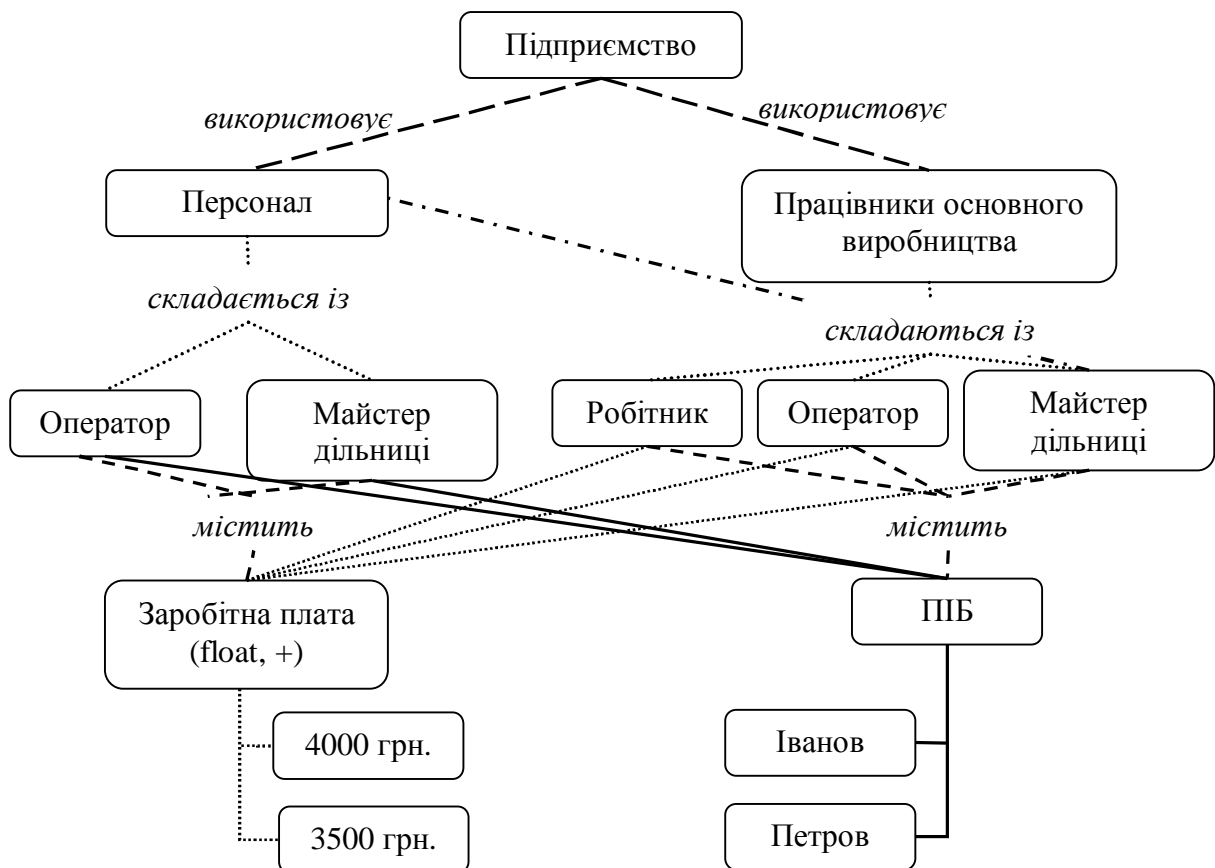


Рис. 17 – Візуальне зображення онтології підприємства

Завдання для роботи в аудиторії

Побудувати онтологію сирів.

Завдання для самостійного опрацювання

Побудувати онтологію товарів та послуг:

- 1) вино;
- 2) хлібобулочні вироби;
- 3) кондитерські вироби;
- 4) ювелірні вироби;
- 5) кава;
- 6) перукарські послуги;
- 7) чай;
- 8) банківські послуги;
- 9) пилососи;
- 10) комп'ютерні мережі;
- 11) пральні машини;
- 12) квіти;
- 13) клінінгові послуги;
- 14) автомобілі;
- 15) поліграфічна продукція.

Контрольні питання

1. Дайте означення онтології та поясніть її сутність.
2. За якими аспектами класифікують онтології?
3. Опишіть процес побудови онтології.
4. З якою метою створюють онтології?
5. Дайте означення класу та поясніть його сутність.
6. Дайте означення слоту та поясніть його сутність.
7. Наведіть приклад онтології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глибовець М. М., Олецький О. В. Штучний інтелект: Підруч. для студ. вищ. навч. закладів, що навчаються за спец. «Комп'ютерні науки» та «Прикладна математика». – К.: Вид. дім «КМ Академія», 2002. – 366 с.
2. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень. – К.: Маклаут, 2008. – 444 с.
3. Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 352 с. (Серия информатика в техническом университете)
4. Джарратано Джозеф, Райли Гари. Экспертные системы: принципы разработки и программирования, 4-е издание.: Пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
5. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 569 с.
6. Люгер Ф. Дж. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем / Ф. Дж. Люгер. – М.: «Вильямс», 2003. – 864 с.
7. Рассел Стюарт, Норвиг Питер. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
8. Рідкокаша А. А., Голдер К. К. Основи систем штучного інтелекту. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2002. – 240 с.
9. Снитюк В. Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с.
10. Уоссермен Ф. нейрокомпьютерная техника: теория и практика. – М.: ЮНИТИ, 1992. – 240 с.
11. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
12. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер. с англ. / А. Брукинг, П. Джонс, Ф. кокс и др.; Под ред. Р. Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.

Таблиця відстаней між містами

Місто 1	Місто 2	Відстань, км
Вільнюс	Брест	531
Вітебськ	Брест	638
Вітебськ	Вільнюс	360
Вороніж	Вітебськ	869
Вороніж	Волгоград	581
Волгоград	Вітебськ	1455
Вітебськ	Нижній Новгород	911
Вільнюс	Даугавпілс	211
Калінінград	Брест	699
Калінінград	Вільнюс	333
Каунас	Вільнюс	102
Київ	Вільнюс	734
Київ	Житомир	131
Житомир	Донецьк	863
Житомир	Волгоград	1493
Кишинів	Київ	467
Кишинів	Донецьк	812
Санкт-Петербург	Вітебськ	602
Санкт-Петербург	Калінінград	739
Санкт-Петербург	Рига	641
Москва	Казань	815
Москва	Нижній Новгород	411
Москва	Мінськ	690
Москва	Донецьк	1084
Москва	Санкт-Петербург	664
Мурманськ	Санкт-Петербург	1412
Мурманськ	Мінськ	2238
Орел	Вітебськ	522
Орел	Донецьк	709
Орел	Москва	368
Одеса	Київ	487
Рига	Каунас	267
Таллінн	Рига	308
Харків	Київ	471
Харків	Сімферополь	639
Ярославль	Вороніж	739
Ярославль	Мінськ	940
Уфа	Казань	525
Уфа	Самара	461

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1	
Інтелектуальність та інтелектуальні агенти.	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2	
Неінформативний пошук.	11
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3	
Інформований пошук та дослідження простору станів.	19
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4	
Задачі з обмеженнями.	24
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5	
Фреймові моделі.	32
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6	
Логічні моделі.	37
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7	
Продукційні моделі.	45
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8	
Проектування експертних систем.	50
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9	
Побудова онтологій.	57
ЛІТЕРАТУРА	61

Навчальне видання

МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

практикум

для студентів напряму підготовки
6.050101 «Комп'ютерні науки»
всіх форм навчання

Укладачі:

**Єгорова Ольга В'ячеславівна,
Снитюк Віталій Євгенович**

Надруковано з авторського оригіналу

Макетування

Формат

Друк Тираж Замовлення

Черкаський державний технологічний університет
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК «896 від 16.04.2002 р.
Надруковано в редакційно-видавничому центрі ЧДТУ
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006