

Автоматизована система складання розкладу університету з адаптивним алгоритмом вирішення конфліктів

Підготував студент ІПЗ-4
Омельчук Руслан

Науковий керівник:
Глибовець А.М.

- Актуальність
- Мета та завдання
- Дослідження
- Проектування
- Реалізація
- Аналіз результатів
- Висновки



Аспекти

Організаційно-управлінський

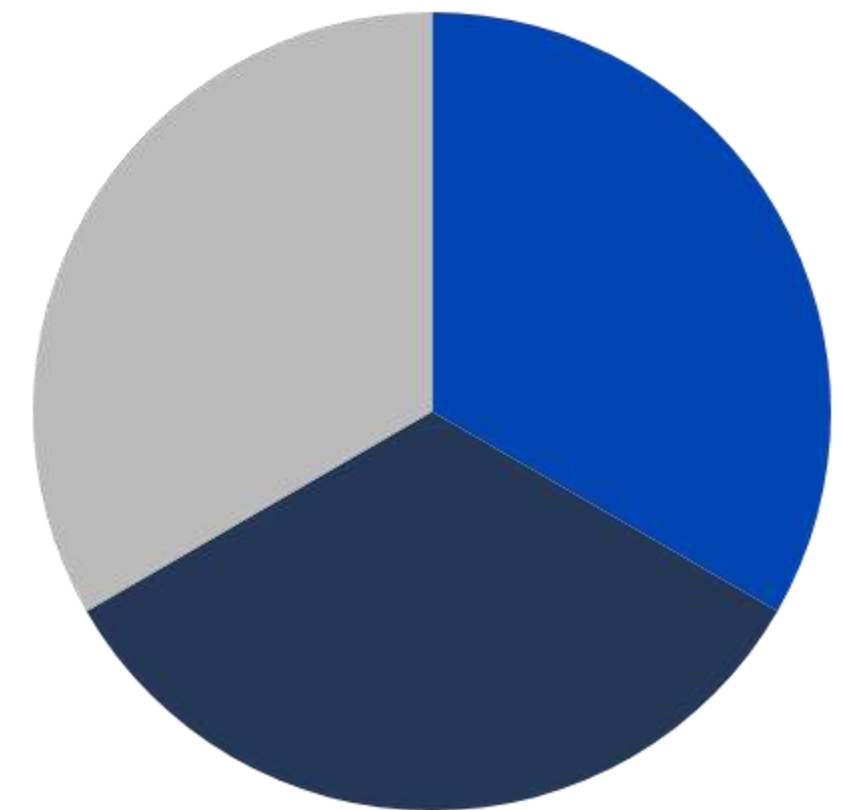
- Оптимізація використання аудиторій, узгодження потреб сотень студентів і викладачів
- Автоматизація усуває рутину та людські помилки

Математично-алгоритмічний

- Багатовимірна задача комбінаторної оптимізації
- Пошук допустимих рішень у просторі жорстких та м'яких обмежень

Соціальний

- Болонський процес — студент формує індивідуальну освітню траєкторію



Мета

- Розробка та програмна реалізація системи складання розкладу для університету, та зокрема алгоритму, здатного вирішити цю комбінаторну проблему з мінімальним людським втручанням

Завдання

- Аналіз наукової літератури
- Дослідження предметної області
- Проектування архітектури та математичної моделі
- Програмна реалізація спроектованої системи
- Тестування та аналіз отриманих результатів



University course timetabling problem (**УСТР**)

- **NP-складна** задача комбінаторної оптимізації

Жорсткі обмеження – порушення = розклад недопустимий

М'які обмеження – якість розкладу, варіюються між університетами

Класифікація

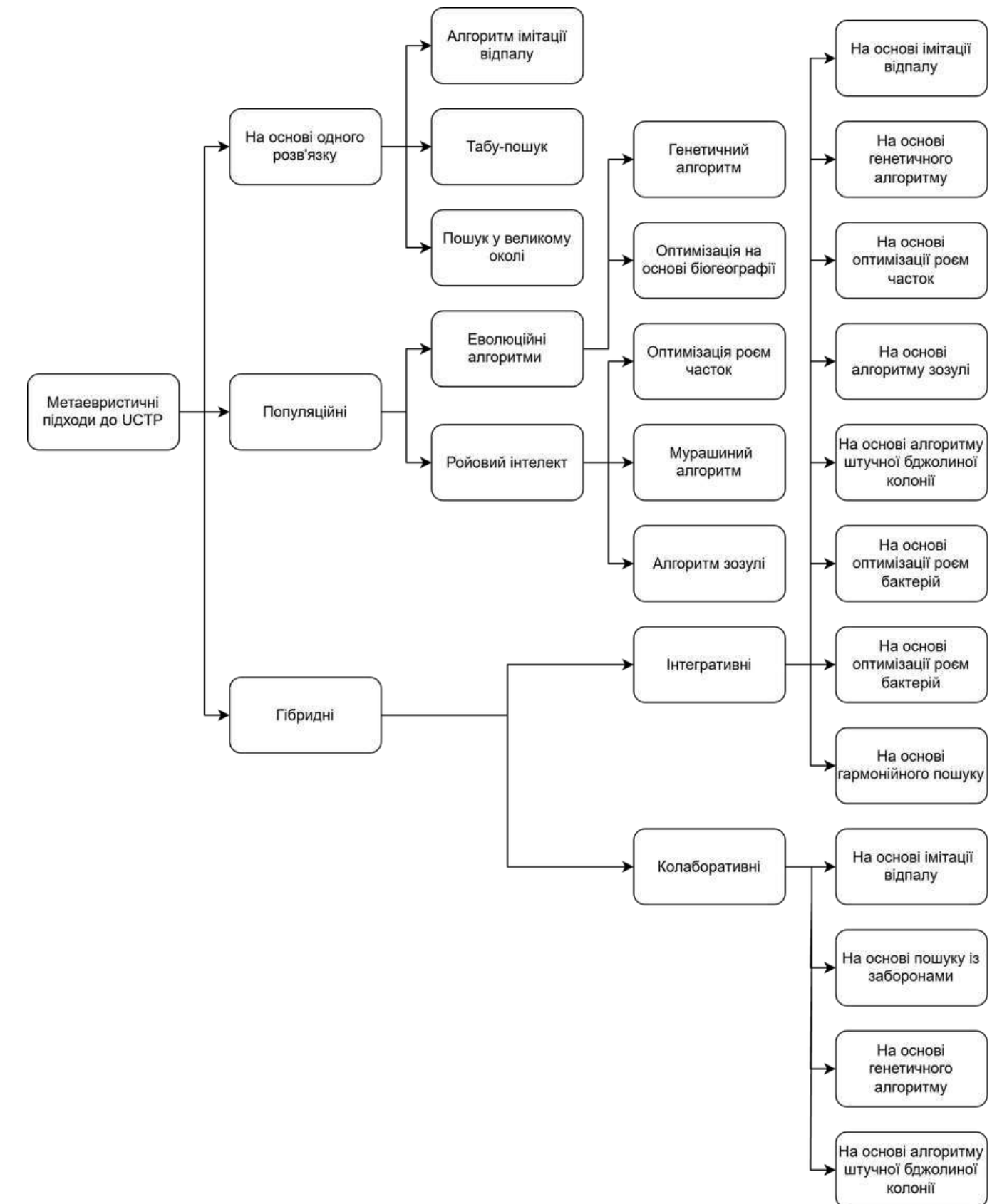
- **СВ-СТР** – curriculum-based
- **РЕ-СТР** – post-enrollment



Класифікація проблеми УСТР

Методи вирішення

- Розфарбовування графів – перші підходи, 1960–70-ті
- Точні методи (ILP) – гарантують оптимум, нездійсненні при великих даних
- Метаевристики (Simulated Annealing, Tabu Search, генетичні алгоритми) – якісні рішення без гарантії оптимуму
- Гібридні підходи – найкращі результати на ITC-2002/2007/2019

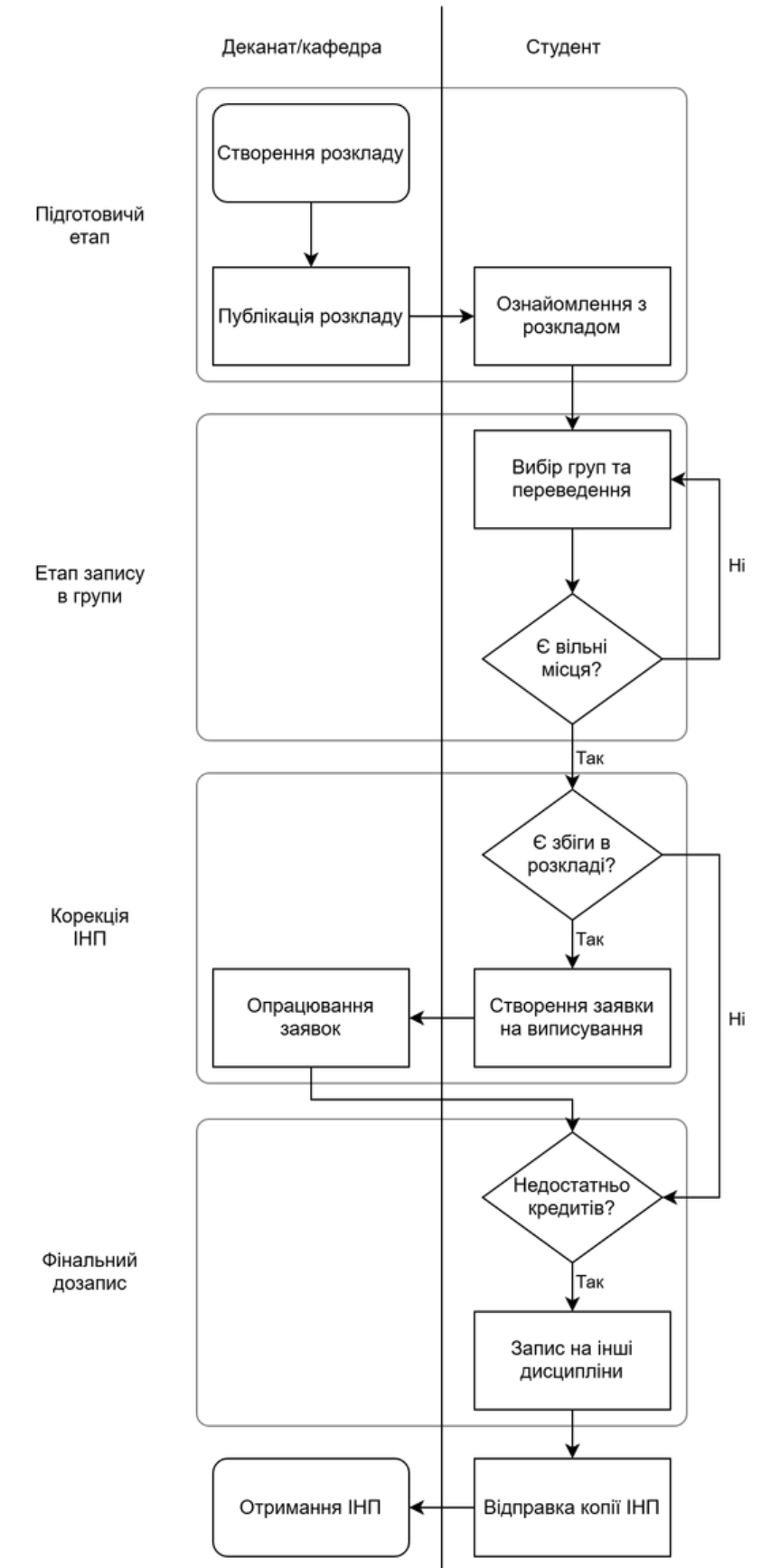


Класифікація метаевристичних підходів для вирішення
УСТР

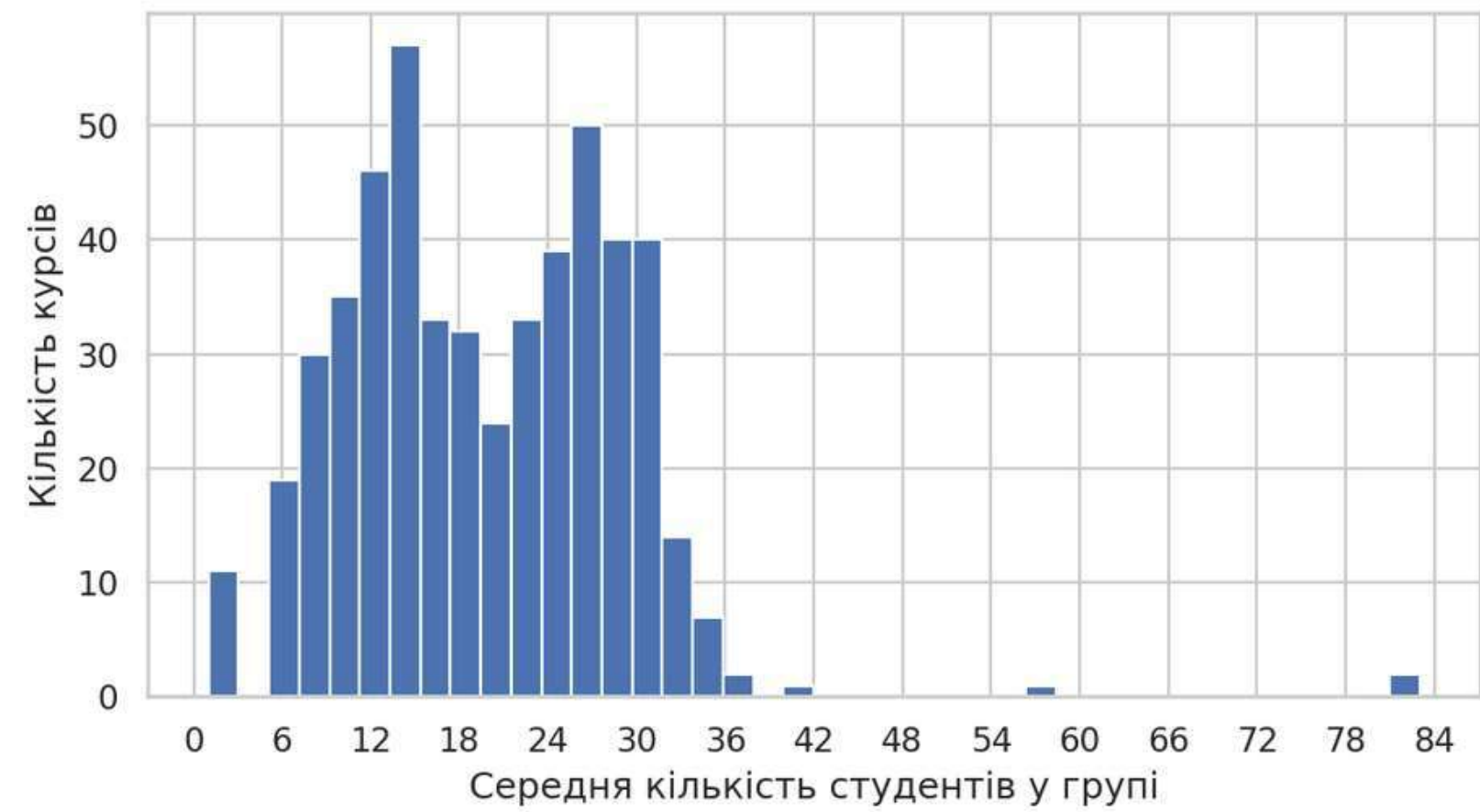
Специфіка НаУКМА

- Ліберальна освіта: студент щорічно формує індивідуальний навчальний план (ІНП)
- Відсутність фіксованих академічних груп – склад визначається записами студентів
- Студенти різних спеціальностей і курсів навчаються разом

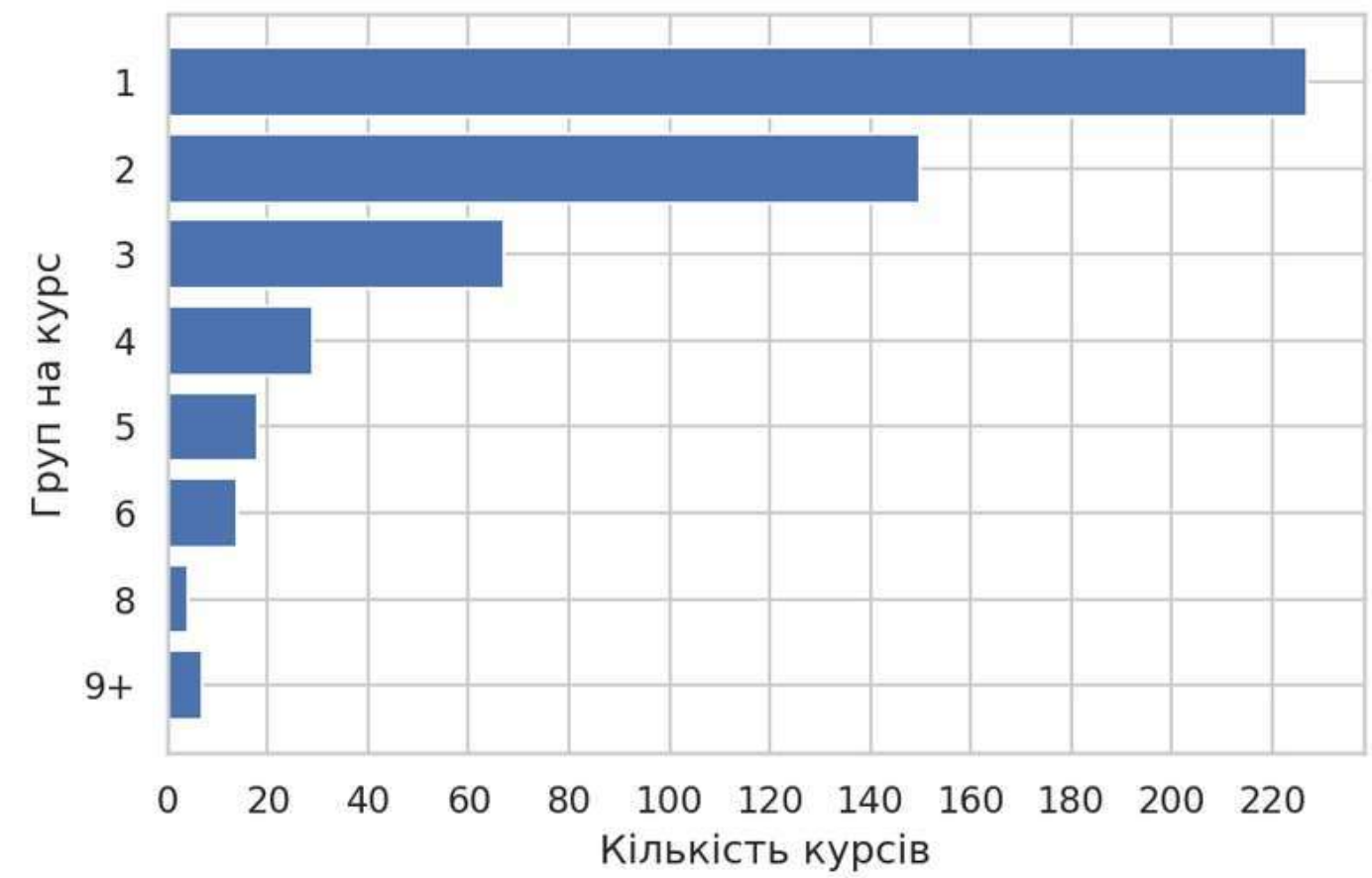
Тип задачі – **поєднання** СВ-СТР та РЕ-СТР



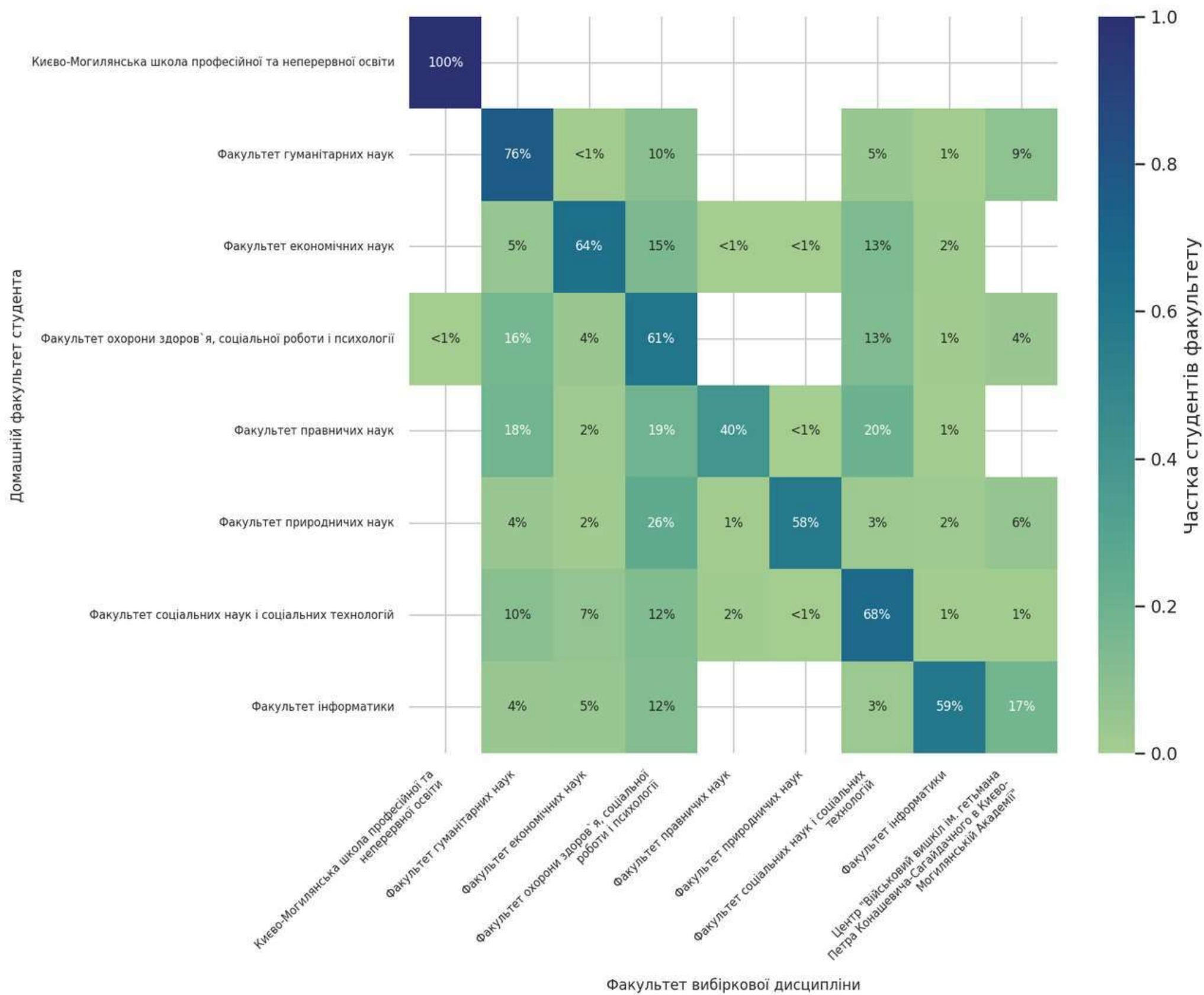
Процес вибору груп



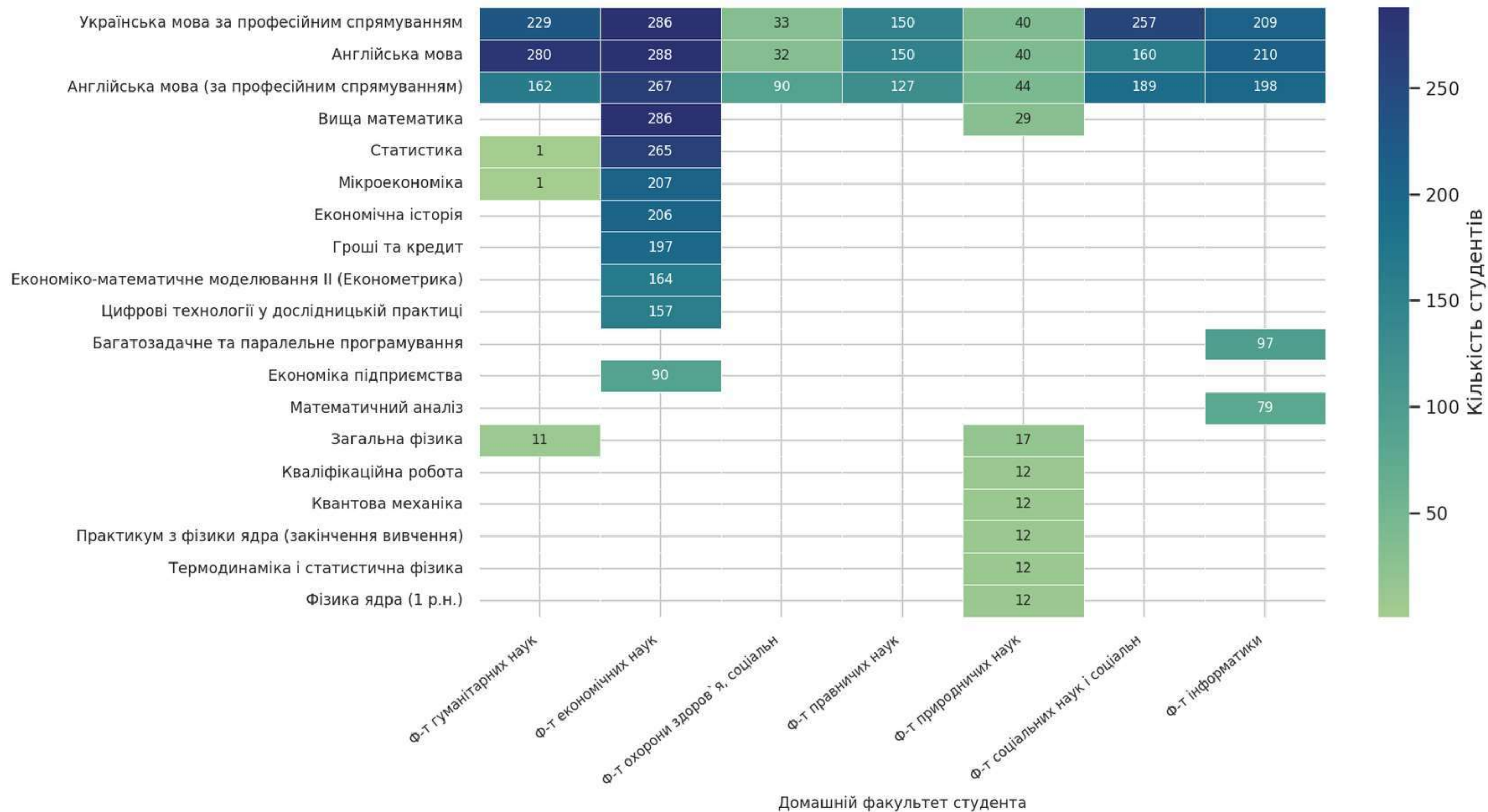
Розподіл розмірів груп



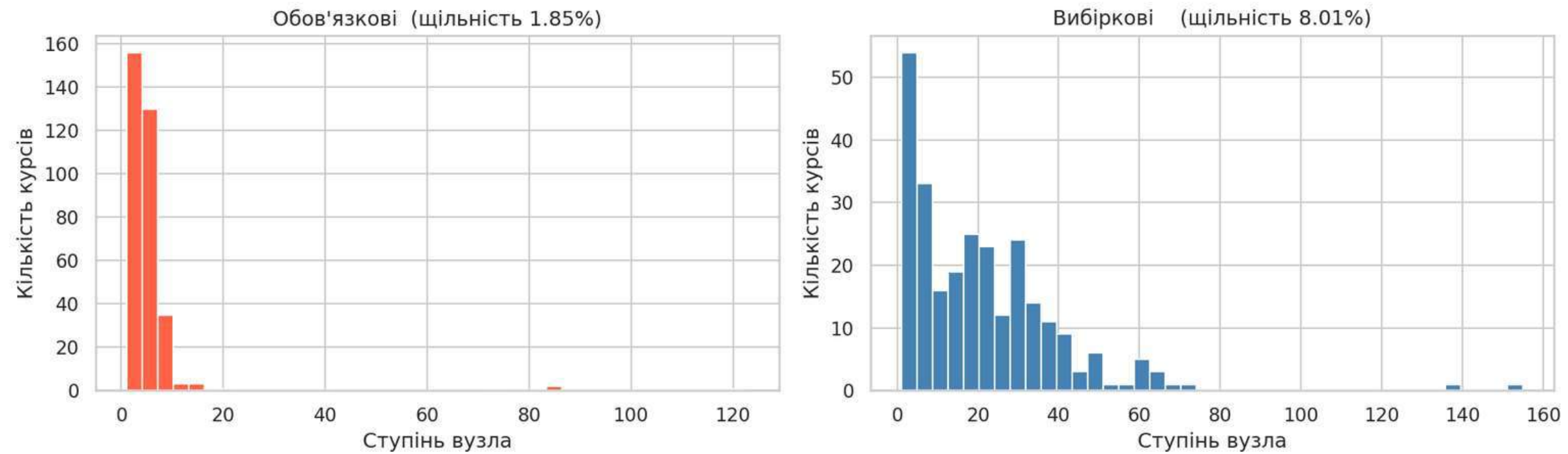
Розподіл кількості груп



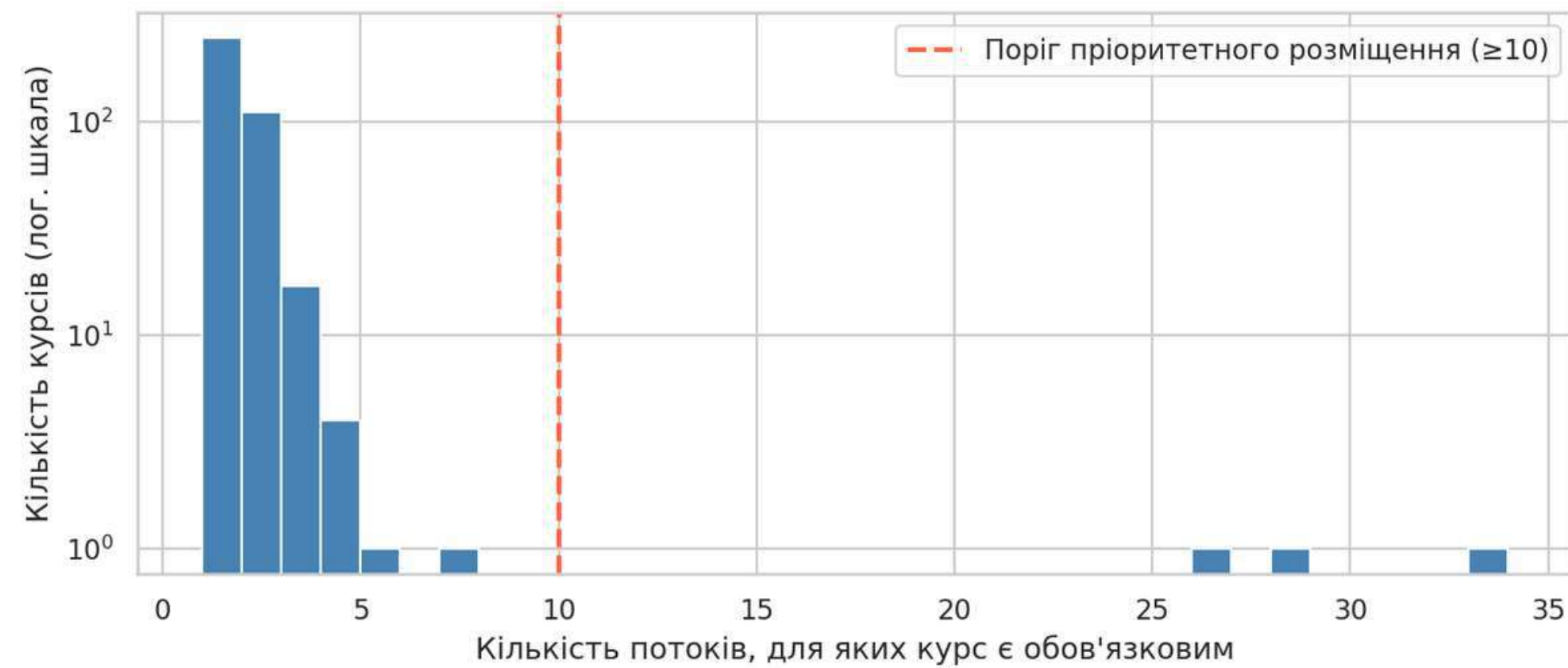
Матриця факультетів вибірових дисциплін студентів



Обов'язкові курси зі студентами різних спеціальностей

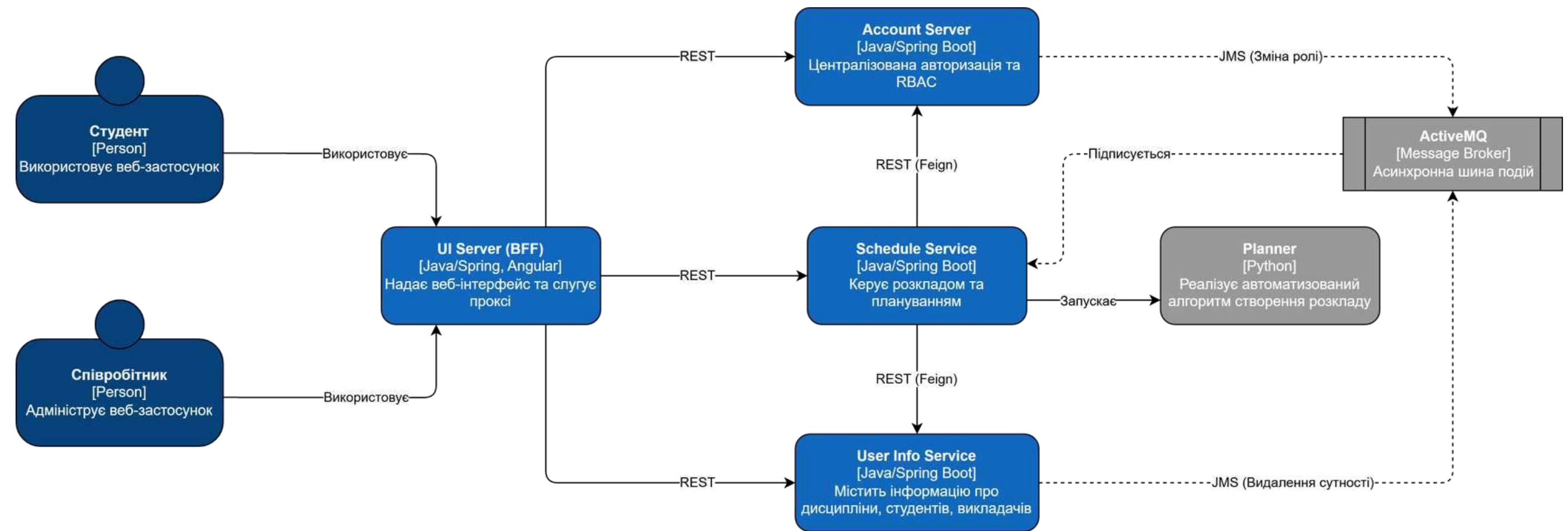


Розподіл ступенів вузлів у графах конфліктів: обов'язкові та вибіркові



Розподіл кількості потоків на обов'язковий курс

- Інкрементальна методологія розробки
- Модульна архітектура
- Обмін даними через Protocol Buffers
- Інтеграція з цифровою інфраструктурою університету



C4 діаграма системи

- CP-SAT Solver
- CDCL – conflict-driven clause learning
- Жорсткі обмеження – кодування наборів аудиторія, викладач, часовий слот цілим числом
- М'які обмеження – функція мінімізації штрафів
- Жадібна евристика початкового розміщення

```
Constraint roomConflict(ConstraintFactory cf) {  
    return cf  
        .forEachUniquePair(Lesson.class,  
            Joiners.equal(Lesson::getTimeslot),  
            Joiners.equal(Lesson::getRoom))  
        .filter((l1, l2) → l1.getRoom() ≠ null && l2.getRoom() ≠ null)  
        .penalize(HardSoftScore.ONE_HARD)  
        .asConstraint("Room conflict");  
}
```

Приклад обмеження у TimeFold

```
flat_vars = []  
for i in range(n):  
    v = model.new_int_var(0, num_slots * num_rooms - 1, f'sr_{i}')  
    model.add(v == slot_vars[i] * num_rooms + room_vars[i])  
    flat_vars.append(v)  
model.add_all_different(flat_vars)
```

Приклад обмеження у OR-Tools

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ"

Загальна інформація

Освітні програми

Наповнення сайту

Курсові роботи

Документи

Звіти

UI сервер

Розклад

Мій індивідуальний навчальний план

Розклад

Часові слоти

Семестри

Редактор

Інформація про мене

Редактор розкладу #1

Опубліковано

Пара	Понеділок	Вівторок	Середа	Четвер	П'ятниця	Субота
08:30:00 09:50:00	+	+	Системне програмування Глибовець Андрій Лекція Тижні: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	+	+	
10:00:00 11:40:00	+	+	+	+	+	
13:30:00 14:50:00	+	+	+	+	+	
12:00:00 13:20:00	+	Системне програмування Олецький Олексій Гр. 1 Тижні: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 Тижні: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13	+	+	+	
13:30:00 14:50:00	+	+	+	+	+	
15:00:00 16:20:00	+	+	+	+	+	
16:30:00 18:00:00	+	+	+	+	+	

Дисципліни

Інструменти та принципи веб-розробки

Лекції

0/8

Практичні

0/7

Архітектура високонавантажених систем

Лекції

0/7

Практичні

0/8

Пошукова оптимізація Веб-застосувачів

Лекції

0/11

Практичні

0/10

Функціональне програмування

Лекції

0/10

Практичні

0/11

Системне програмування

Лекції

10/10

Практичні

13/11

Архітектура прикладних програм рівня ...

Лекції

0/8

Практичні

0/13

Комп'ютерна вірусологія

Лекції

0/5

Практичні

0/8

Глобальні мережі

Лекції

0/10

Практичні

0/11

Веб-сторінка редактора розкладу

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ"

Загальна інформація

Освітні програми

Наповнення сайту

Курсові роботи

Документи

Звіти

UI сервер

Розклад

Мій індивідуальний навчальний план

Розклад

Часові слоти

Семестри

Редактор

Інформація про мене

☰

🖨

🌙

r.omelchuk@ukma.edu.ua

Розклад

2024–2025, сем. 1

🔗 Мій розклад

👤 По потоку

📅 Зведений

📅 Місяць

Пара	Понеділок	Вівторок	Середа	Четвер	П'ятниця	Субота
08:30:00 09:50:00			Системне програмування Глибовець Андрій Лекція 📅 t1-10			
10:00:00 11:40:00						
13:30:00 14:50:00			Системне програмування Олецький Олексій Гр. 1 📅 t1-13			
12:00:00 13:20:00						
13:30:00 14:50:00						
15:00:00 16:20:00						
16:30:00 18:00:00						

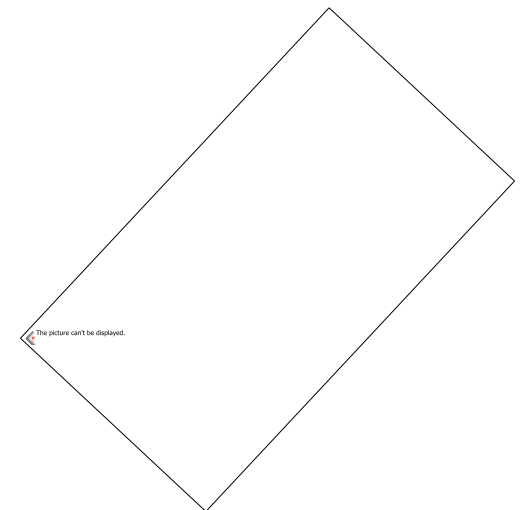
Веб-сторінка перегляду розкладу

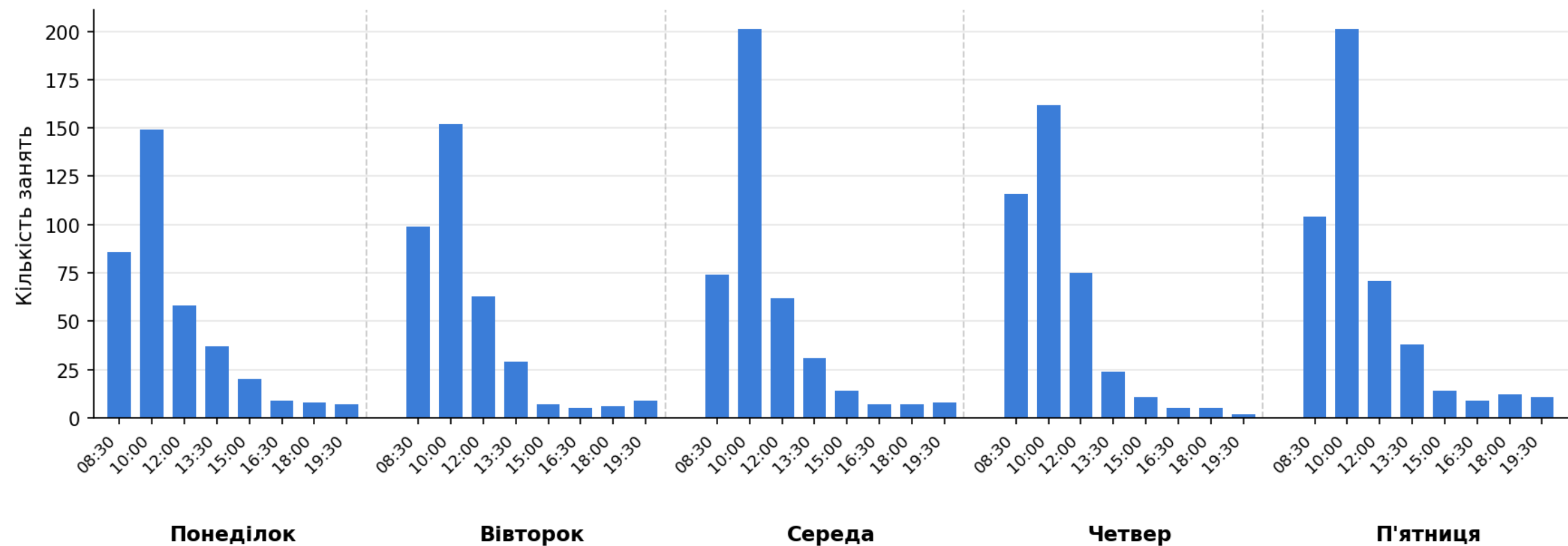
Об'єктивні метрики

- Кількість конфліктів між обов'язковими дисциплінами
- Кількість студентів, що мають конфлікти у вибіркових дисциплінах
- Кількість дисциплін, з яких необхідно виписатись
- Рівномірність розподілу занять по днях тижня

Суб'єктивні метрики – емпіричне оцінювання

- зручність часу
- рівномірність навантаження
- відповідність перерв особистим вподобанням
- вдалість групування занять протягом дня
- загальна перевага





Розподіл занять за днями тижня та часовими слотами

Результати роботи

- Досліджено задачу USTR та специфіку НаУКМА як поєднання СВ-СТР і РЕ-СТР
- Реалізовано збір та статистичний аналіз реальних даних
- Реалізовано алгоритм створення розкладу на базі CP-SAT
- Розроблено модульну архітектуру на основі UNIX-конвеєра
- Систему інтегровано з платформою Smart-UKMA
- Проведено оцінку на напівсинтетичних даних

Напрями подальшого розвитку

- Отримання реальних даних про викладачів та аудиторії для повноцінного тестування
- Врахування уподобань викладачів та вимог до типу аудиторії
- Калібрування ваг м'яких обмежень та порівняння з метаевристичними підходами

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

Питання та відповіді