

УДК 004.021

Т. І. Трояновська, О. І. Гороховський, О. В. Бойко

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ РОЗКЛАДІВ ЗА АЛГОРИТМОМ ПАРЕТО

Вінницький Національний Технічний Університет, м. Вінниця

Анотація. Дана робота присвячена дослідженню методів, застосованих до автоматизації планування освітнього процесу. У статті виконано порівняльний аналіз існуючих засобів для створення автоматичних розкладів та деталізовано вимоги до розробки засобів формування автоматичних розкладів у навчальних закладах. Запропоновано схему моделі формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето та розроблено модель формування автоматичних розкладів, що заснована на методі компромісів Парето та класичній теорії розкладів. Також розроблено алгоритм компромісів для формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето та створено відповідний інструментарій у вигляді програмного засобу.

Ключові слова: автоматизація планування, метод Парето, модель формування автоматичних розкладів.

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов, применимых к автоматизации планирования образовательного процесса. В статье выполнен сравнительный анализ существующих средств для создания автоматических расписаний и детализованы требования к разработке средств формирования автоматических расписаний в учебных заведениях. Предложена схема модели формирования автоматических расписаний за алгоритмом Парето и разработана модель формирования автоматических расписаний, основанная на методе компромиссов Парето и классической теории расписаний. Также разработан алгоритм компромиссов для формирования автоматических расписаний по алгоритму Парето и создан соответствующий инструментарий в виде программного продукта.

Ключевые слова: автоматизация планирования, метод Парето, модель формирования автоматических расписаний.

Abstract. This work is devoted to research of applicable methods for educational process automation planning. In the article, the comparative analysis of existent facilities for automatic time-tables creation is executed. The development requirements are gone into details to automatic time-tables forming facilities in educational establishments field. The automatic time-tables forming model chart is offered after the Pareto algorithm. The automatic time-tables forming model is developed, which is based on the Pareto compromises method and classic theory of time-tables. The compromises algorithm is also used for automatic time-tables forming after the Pareto algorithm and the proper tool is created as a software.

Keywords: automation planning, Pareto method, automatic time-tables model.

Вступ

Задачі побудови розкладу виникають кожного разу, коли існує можливість вибору того чи іншого порядку виконання робіт. Якщо мова йде про побудову оптимального в тому чи іншому сенсі розкладу, задачі його створення виявляються достатньо складними.

Згідно з класичною теорією розкладів, система планування розкладу є одностадійною системою, побудованою без переривань з використанням списку. Однак, процес побудови алгоритму планування такого розкладу за допомогою стандартних алгоритмів теорії розкладів виявляється досить складним, зважаючи на те, що основними критеріями ефективності розкладу, згідно з класичною теорією розкладів є його довжина та час проходження.

Як правило, критерії оптимальності протирічать одне одному. Для розв'язання цих протиріч та знаходження узгодженого оптимального рішення пропонується використовувати метод компромісів Парето.

Застосування методу компромісів Парето дозволить формувати розклад по дисциплінах, враховуючи мінімальні накладки та мінімальні переміщення груп (або викладачів) по аудиторіях.

Актуальність

Потужні процеси модернізації сучасної вищої школи викликають потребу в розробці моделей планування навчального процесу, зокрема, при формуванні автоматичних розкладів. Тому існує потреба в аналізі, дослідженні і розробці ефективних методів та зручних у використанні засобів для планування та формування розкладів у академічних закладах з метою зменшення кількості випадкових накладок при організації навчального процесу.

Мета статті

Метою статті є створення моделі формування автоматичних розкладів на основі методу компромісів Парето та класичної теорії розкладів для формування автоматичних розкладів у навчальних закладах.

Задачі

1. Порівняльний аналіз існуючих засобів для створення автоматичних розкладів та виявлення вимог до засобів формування автоматичних розкладів у навчальних закладах;
2. Розробка моделі формування автоматичних розкладів за методом Парето;
3. Розробка та тестування програмного засобу, що реалізує модель формування автоматичних розкладів за методом Парето.

Аналіз існуючих програм формування автоматичних розкладів

Нині на ринку існує безліч найменувань програм формування автоматичних розкладів. Розглянемо основні з них: University Scheduler Engine; Vacation Scheduler; Room Scheduler System; University ERP System. Результати порівняння у таблиці 1.

Таблиця 1 - Порівняльний аналіз існуючих засобів для формування автоматичних розкладів

Засіб	Недолік	
University Scheduler Engine	Надмірна обтяженість інтерфейсу, і необхідність проходження складних «кроків» при плануванні розкладу (за принципом «майстра»).	розглядають тільки часові компроміси
Vacation Scheduler	обмеженість і орієнтованість на серверну роботу	
Room Scheduler System	планування розкладу відбувається за допомогою «тікетної» системи, в яких викладач подає заявку на використання тієї чи іншої аудиторії в часовій сітці конкретно узятого дня	
University ERP System	тільки її серверну орієнтованість, саме тому така система для більшості дрібних вузів незастосовна	

UniversitySchedulerEngine (рис. 1) побудовано на календарному принципі, і дозволяє організувати декілька варіантів розкладу на тиждень. До переваг цієї програми можна віднести те, що вона може бути пристосована до умов і специфіки роботи не тільки навчального закладу.

VacationScheduler (рис. 2) також відноситься до календарного типу. Однак на відміну від попереднього, VacationSchedulerзасновано на принципі єдиного вікна, де всі елементи, необхідні для побудови розкладу, сконцентровані в одному місці, і це робить програму зручною для використання.

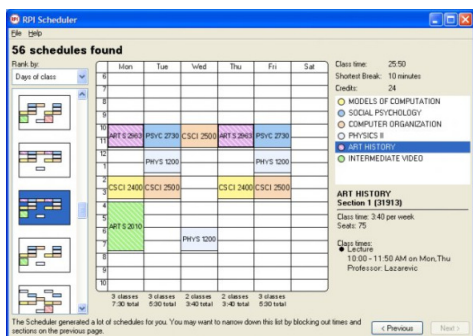


Рисунок 1 - Діалогове вікно UniversitySchedulerEngine

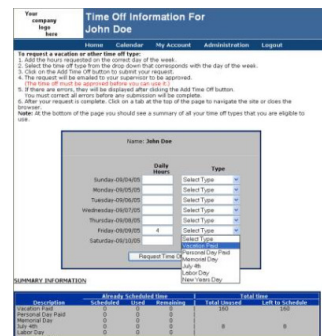


Рисунок 2 - Діалогове вікно VacationScheduler

RoomSchedulerSystem (рис. 3) побудована на принципі єдиного вікна, як і попередня. Однак її вигідно вирізняє можливість планування розкладу на основі компромісів по правам на аудиторію.

University ERP System (рис. 4) – найскладніша із розглядуваних систем-аналогів, які використовуються нині закордонними університетами. Фактично, це цілісна система керування розкладом у масштабі потужного навчального закладу. До її переваг слід віднести простоту інтерфейсу – тут теж все побудовано за принципом єдиного вікна, причому весь процес планування поділено на чіткі логічні сегменти, кожен з яких повністю описується одним діалоговим вікном.

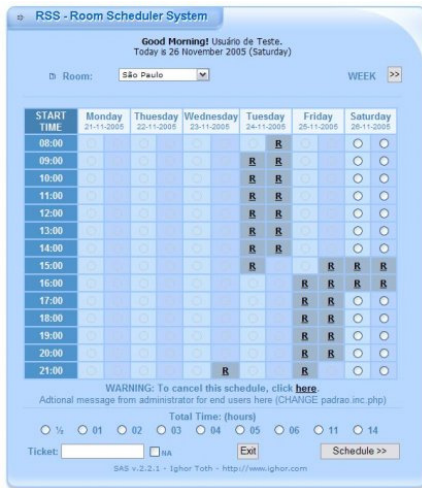


Рисунок 3 - Діалогове вікно RoomSchedulerSystem

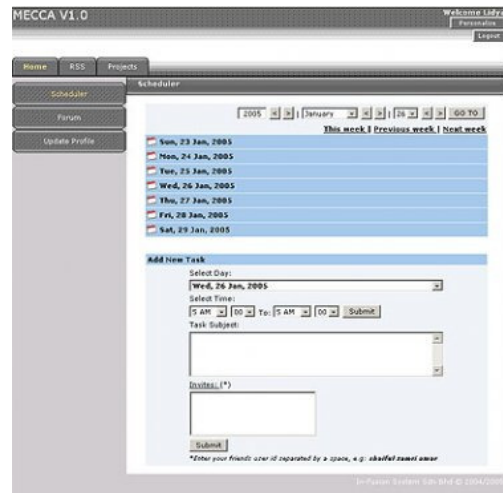


Рисунок 4 - Діалогове вікно University ERP System

Розробка вимог до засобів формування автоматичних розкладів у академічних закладах

Більшість користувацьких інтерфейсів будуються за одними і тими самими принципами та вимогами. Наведемо для подальшого опису основної архітектури систем графічного інтерфейсу. Вони такі: знайомість; простота; доступність; знаходжуваність рішень.

За умови дотримання цих основних принципів на етапі проектування можна оптимізувати побудову інтерфейсу системи, а відтак знизити її вимоги щодо потужності, адже що простіший інтерфейс, то менша кількість елементів керування задіяна у процесі утворення користувацького робочого простору. А це, у свою чергу, призводить до зниження системних вимог до програмного забезпечення.

Наступним, після формулювання ідеї, етапом створення програмного засобу є побудова візуального відображення. До компоновки робочого простору також виставляються відповідні вимоги: інтуїтивність інтерфейсу; логічне групування; мінімальна відстань руху.

На основі вищевказаних вимог будуються такі вимоги до користувацького інтерфейсу запропонованого засобу формування автоматичних розкладів у академічних закладах за алгоритмом Парето:

1. Мінімізація щільності інформації. При відображенні візуальних об'єктів на робочому просторі інформація повинна містити тільки ті дані, які дають найточніший та найповніший опис події у мінімальному обсязі.
2. Щільність екрану. Для даної роздільної здатності щільність заповнення елементами керування екрану повинна становити не більш як 60% від загальної площі екрану.
3. Інтегрованість даних. Якщо користувач потребує для розв'язування задачі певних даних або елементів керування, то вони мають бути сконцентровані в межах одного робочого простору.
4. Прямі форми роботи. Кількість проміжних стадій між заданням параметрів команди та отриманням реакції системи повинна бути мінімальною.
5. Підтримка контексту роботи. Кожен візуальний об'єкт на робочому просторі повинен мати або миттєве позначення (підказку), або таку форму, яка б дозволяла користувачу в процесі виконання задачі розуміти, що саме відбувається в системі.
6. Виділення. Якщо дія відбувається над певним візуальним об'єктом на робочому просторі, такий об'єкт має бути виділений, щоб користувач одразу міг звернути на нього увагу.
7. Чітко роздільне розташування та формат. Всі елементи керування, які відповідають за ключові параметри та дані, необхідні для виконання задачі, повинні мати чітко роздільні для користувача розташування та формат, який не вимагає додаткових знань чи навичок.

8. Відображення поточного стану. Якщо процес виконання задачі вимагає проходження декількох стадій, або значних витрат часу та обчислювальних ресурсів, то відповідним чином користувача слід інформувати про перебіг процесу та його поточного стану.
9. Можливість скасування дій. Будь-яка команда, дана користувачем, повинна мати механізм скасування. Це зменшує кількість оцінок та зниження вірогідності, що система увійде в нестабільний стан.
10. Ведення журналу дій. Для забезпечення такої можливості як відміна дії необхідно забезпечити засоби збереження історії всіх дій користувача.
11. Відображення заданих параметрів. Поточний стан всіх параметрів, які необхідні для виконання поточної команди, повинні відображатись так, щоб знаходитись у фокусі зору людини, безпосередньо перед виконанням самої дії, або відображенням реакції на цю команду.

3. Модель формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето

Модель формування та формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето базується на понятті часового фактору та допоміжних параметрів, за допомогою яких визначаються обставини події, яка повинна статися [1].

Основою для моделі планування розкладу у вищому навчальному закладі є часова сітка. Часова сітка представляє собою пару виду: «початковий час»-«кінцевий час». Схеми планування, повинні включати до себе ці параметри. Допоміжні фактори визначаються із формального опису події. В даному випадку такий опис включає в себе такі елементи:

- ім'я викладача;
- аудиторія;
- день тижня;
- семестр.

Формування розкладу представляє собою форму розв'язання задачі покриття, яка вирішується методом гілок і меж, або повним перебором. Навіть відкидаючи варіанти, що містять завідомо невірні, чи надлишкові рішення задачі, в процесі формування розкладу буде отримано декілька рівноцінних рішень, серед яких складно вибрати найкращий. Зазвичай, для цього використовується експертна оцінка.

Однак така оцінка також піддається моделюванню на основі алгоритму Парето, застосовуючи до сформованих варіантів оцінки за додатковими частковими критеріями.

Виокремимо такі вимоги до моделі формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето: локалізація, визначеність, унікальність, пріоритет [2].

Локалізація. Кожен запис повинен містити дані про розташування заняття.

Визначеність. Для кожного запису визначається як початковий, так і кінцевий час відповідно часовій сітці.

Унікальність. Жоден запис із однаковою часовою сіткою не повинен дублюватись.

Пріоритет. Кожен запис повинен бути записаний або в семестровий або в річний план таким чином, щоб запис, який уже є в річному плані, не повинен існувати в семестровому.

Схема моделі формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето наведена на рисунку 5.

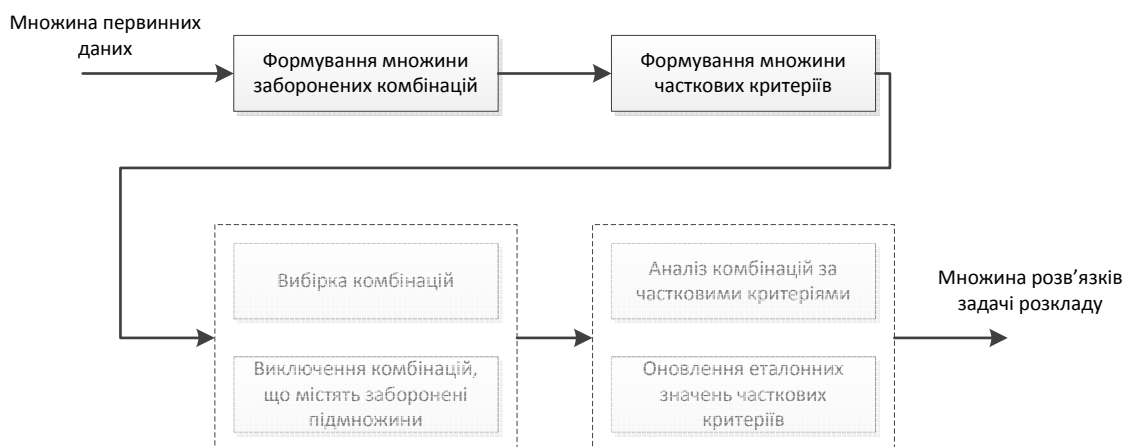


Рисунок 5 - Схема моделі формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето

Скористаємось у якості початкової бази методом повного перебору.

Представимо кожен розклад у вигляді комбінаторного виразу, де у якості «абетки» будуть порядкові номери викладачів. Сам розклад, таким чином, є вектором вигляду:

$$R = \{T_1, T_2, \dots, T_d\} \quad (1)$$

де d – кількість учбових днів на тиждень,

q – кількість занять на день,

T_x – ідентифікатор викладача. У випадку, якщо щодня в розкладі не рівна кількість пар за «пустими» закріпимо особливе значення T_0 .

Відповідно, якщо використовувати повний перебір, то кількість комбінацій-розкладів становитиме:

$$Q(R) = c \quad (2)$$

Ці комбінації необхідно обмежити, оскільки із загальної множини рішень не менше половини заздалегідь невірні. Кожен розклад, який буде отриманий в результаті роботи алгоритму, повинен мати додаткові характеристики, які дозволять оцінити якість не лише конкретно взятого розкладу, а й всієї підмножини комбінацій, до якого належить даний. Для цього застосуємо алгоритм Парето, який дозволяє оцінювати комбінації за певними частковими критеріями. В загальному вигляді він передбачає N циклів порівняння нових комбінацій із уже відібраними.

Модифікуємо його відповідно поставленій задачі.

- Використовуючи дані про відповідність предметів та викладачів, формується підмножина «заборонених» комбінацій;
- Якщо перетин поточної комбінації та «забороненої» дає ненульовий результат, з подальшого перебору виключається не лише сама ця комбінація, а й всі комбінації, які містять фрагмент $\{T_1, T_2, \dots, T_x\}$, де x – перший елемент, який співпав із елементами забороненої комбінації;
- Якщо перетин поточної комбінації та «забороненої» дає нульовий результат, застосовується аналіз компромісів.

4. Розробка алгоритму компромісів та моделі формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето

Розглянемо детальніше емпіричний принцип компромісу Вільфредо Парето, який полягає в тому що при виборі із двох випадків, які вимагають одного і того самого набору параметрів чи залежать від одного і того самого набору факторів, перевагу слід надавати тому випадку, який або частково, або повністю вже існує [3]:

Опишемо формальну схему алгоритму компромісів, вважаючи, що частковими критеріями для розкладу є характеристики часових параметрів і наявність «накладок», тобто, надлишковість розкладу:

1. Порівняти часові параметри для кожного запису в поточному розкладі.
2. Якщо ці параметри співпадають, то перевірити співпадіння параметрів аудиторія (визначення накладки по локалізації події).
3. Якщо аудиторії співпадають, то виключити той запис, який за внутрішнім порядком записів було внесено останнім;
4. Якщо аудиторії не співпадають, то перевірити співпадіння параметру Викладач (визначення накладки викладача);
5. Якщо викладачі співпадають, то виключити той запис, який за внутрішнім порядком записів було внесено останнім;
6. Якщо викладачі не співпадають, порівняти параметр Семестр. Якщо один із записів має семестрову дію, а інший – річну, то виключити той запис, який має семестрову дію.

Блок-схема алгоритму компромісів для моделі формування автоматичних розкладів за алгоритмом Парето наведено на рисунку 5.

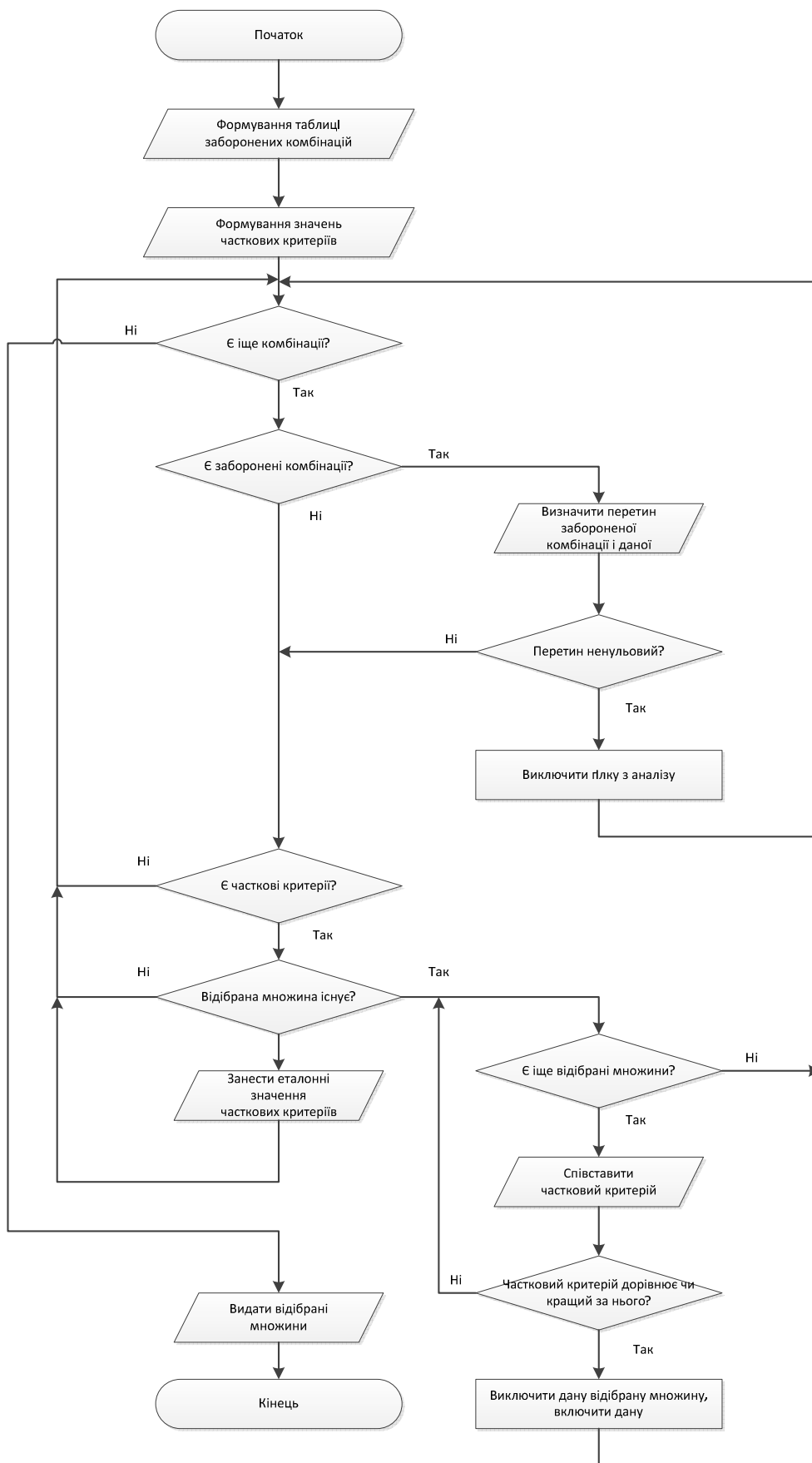


Рисунок 5 – Блок-схема роботи моделі компромісів за алгоритмом Парето

5. Розробка та тестування програмного засобу, що реалізовує модель формування автоматичних розкладів за методом Парето

Інтерфейс програмного засобу було розроблено із врахуванням вище наведених вимог до засобу формування автоматичних розкладів у академічних закладах за алгоритмом Парето. Основою побудови було обрано «принцип одного вікна» (рис. 6), де усі елементи користувацького інтерфейсу максимально сконцентровані в одному діалоговому вікні, так що користувач має можливість легко доступитись до будь-якого із значущих елементів і перейти у допоміжні вікна [4] (рис. 7).

Користуючись парадигмою проектування інтерфейсу зверху донизу і зліва направо, у відповідному порядку було розташовано:

- Список вже створених елементів розкладу;
- Область створення нового елемента та редагування існуючого;
- Кнопкова панель.

Використання так званого «лінійно-сітчастого» принципу розташування елементів кожному із них була визначена своя комірка, що дозволило вибудувати всі елементи у такому порядку, який максимізує швидкість роботи користувача. Водночас, лінійно-сітчасте розташування дозволяє користувачу «читати» область редагування, оскільки всі елементи його організовані в логічному порядку. Це спрощує процес інтуїтивного опанування користувачем програми (рис. 8 та рис. 9). За потреби можна виконати експорт даних у HTML-файл (рис. 10).

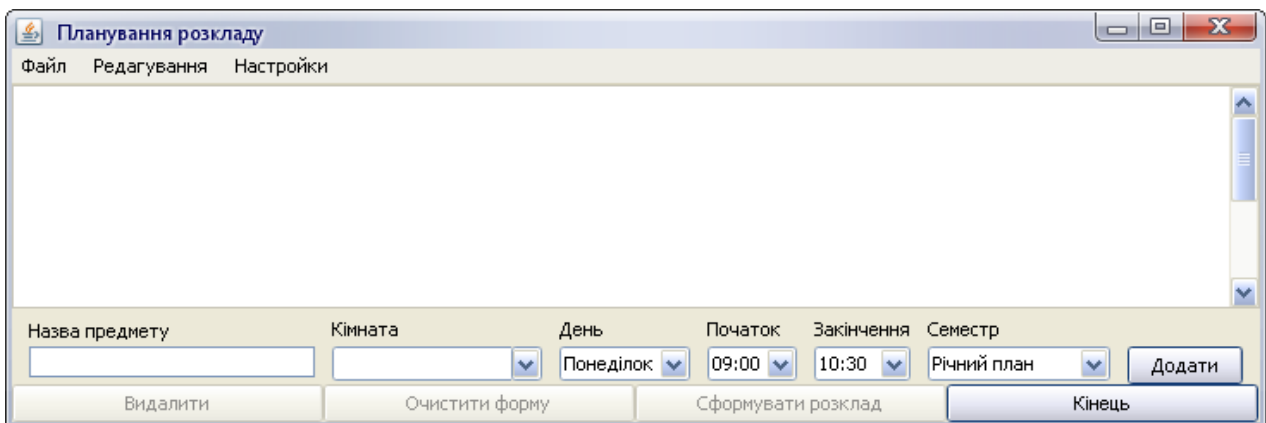


Рисунок 6 – Робоча область програми формування автоматичних розкладів

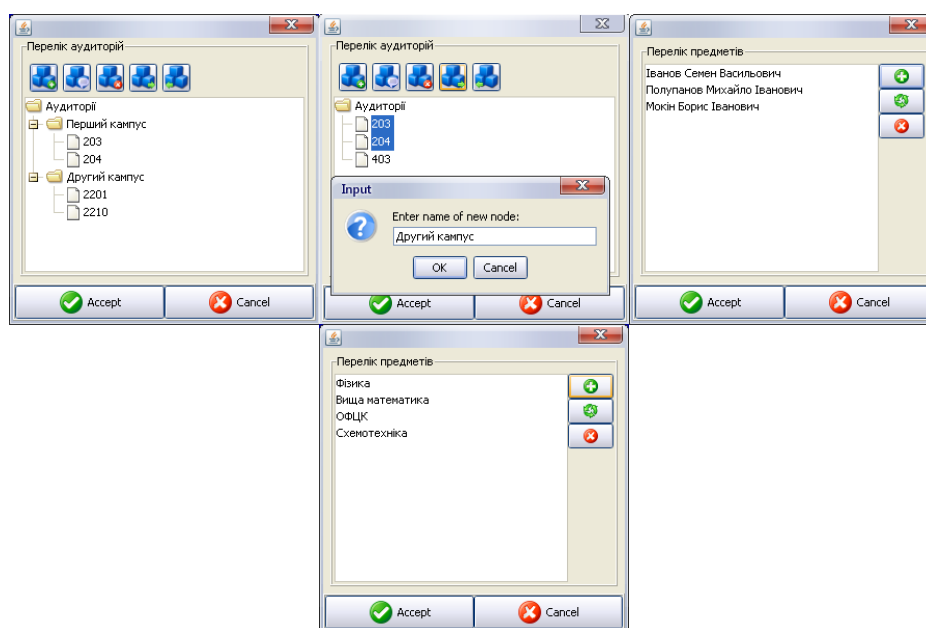


Рисунок 7 – Деякі допоміжні вікна

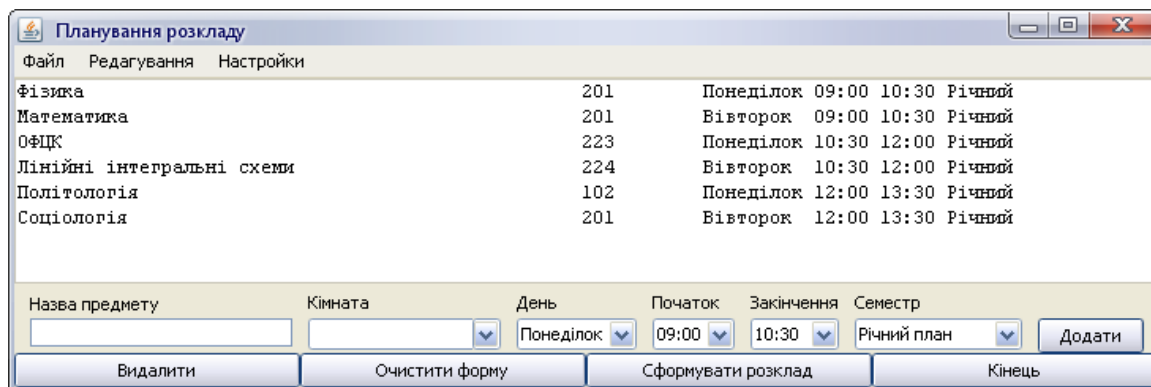


Рисунок 8 - Складання простого плану розкладу

	Понеділок	Вівторок
09:00 - 09:30	Фізика (201)	Математика (201)
09:30 - 10:00	ОФЦК (223)	Лінійні інтегральні схеми (224)
10:00 - 10:30	Політологія (102)	Соціологія (201)
10:30 - 11:00		
11:00 - 11:30		
11:30 - 12:00		
12:00 - 12:30		
12:30 - 13:00		
13:00 - 13:30		

Рисунок 9 – Сформований розклад

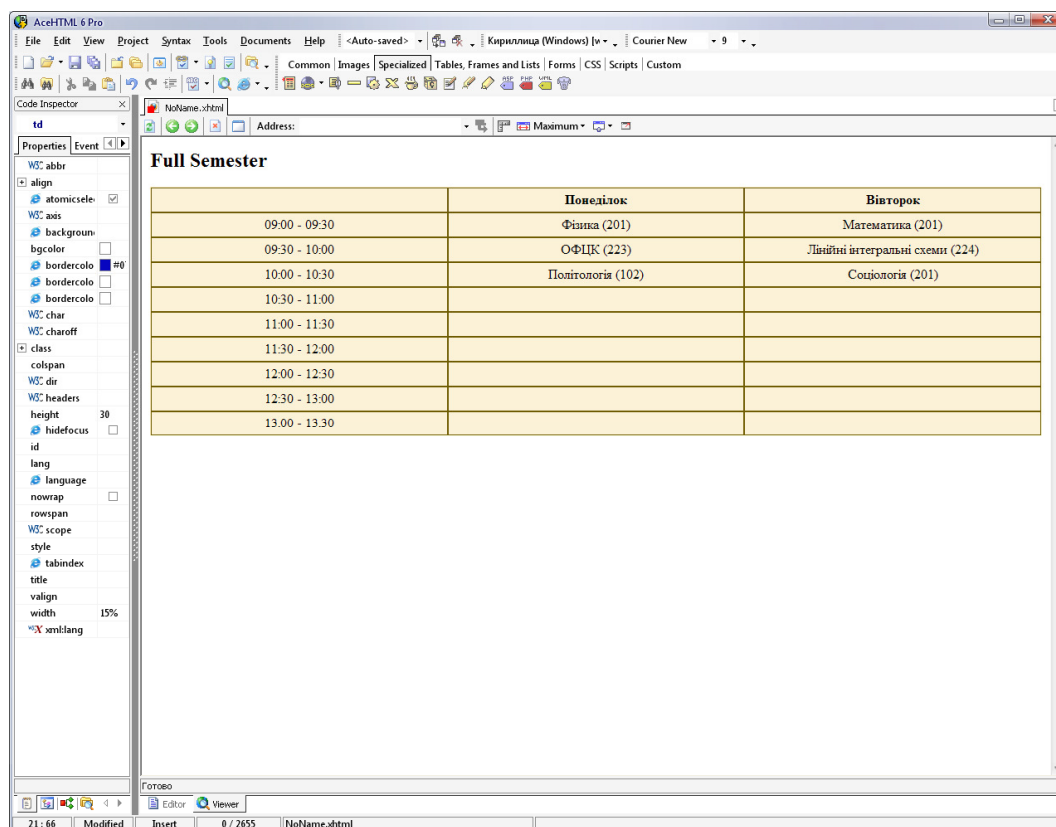


Рисунок 10 – Перевірка експорту в HTML

Висновки

У даній статті виконано порівняльний аналіз сучасних засобів для створення автоматичних розкладів та розроблено вимоги до засобів формування автоматичних розкладів у навчальних закладах, їх користувацького інтерфейсу та робочого простору.

Зокрема, розроблено та описано модель формування автоматичних розкладів та розроблено алгоритм на основі методу компромісів Парето та класичної теорії розкладів для розробки програмного засобу формування автоматичних розкладів у навчальних закладах різних типів акредитації.

Розроблено та виконане тестування програми, що відповідає вимогам до засобів формування автоматичних розкладів у навчальних закладах та реалізовує модель формування автоматичних розкладів на основі методу компромісів Парето.

Література

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация: пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 509 с.
2. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
3. В. Писляков «Правило Парето и статистика использования электронных журналов в университетской библиотеке», Режим доступа: <http://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2004/disk/doc/276.pdf>
4. Гороховський О. І. Комп'ютерна програма «Адаптивна система дистанційної освіти» / О. І. Гороховський, Т. І. Трояновська, В. О. Трухманов // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 26330. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації 22.07.2008 р. Стаття надійшла: 22.12.2015.

Відомості про авторів

Гороховський Олександр Іванович – доцент, к.т.н., Вінницький національний технічний університет

Трояновська Тетяна Іванівна – ст. викл, к.т.н., Вінницький національний технічний університет

Бойко Олександр Володимирович – ст. викл, к.т.н., Вінницький національний технічний університет