

ЗМІСТ

Прикладна математика

Є.О. Шквар, В.В. Кравченко

Математичне моделювання ефектів комбінованого управління
турбулентними примежовими шарами5

Н.А. Красношлык, А.О. Богатырёв, С.В. Марченко

Численное решение задач с подвижными межфазными границами 16

П.В. Лукьянов

Моделирование взаимодействия компактного вихря с нестационарным
дрейфовым течением.....32

Р.М. Дідковський, Н.В. Олексієнко

Застосування алгебри Кліфорда до побудови систем зв'язку
множинного доступу з шумовими сигналами 44

Ю.В. Клименко

Застосування мультисіткових алгоритмів для розв'язку задач пошуку
екстремуму опуклих функцій.....55

Л.О. Волонтир, К.Є. Рум'янцева

Моделювання оптимальної структури системи відтворення зображень68

А.М. Чабаненко

Моделювання нелінійних мережеподібних динамічних систем на
основі міжкомпонентної взаємодії78

О.В. Величко, І.Г. Ткаченко

Інтегральне представлення деяких інтегралів Ханкеля.....85

О.О. Русін, В.В. Атамась

Формула обчислення кількості допустимих станів кубика Рубіка
 $n \times n \times n$ 90

Інформатика

И.А. Жирякова

Объектный подход к компьютерному моделированию восприятия 101

А.В. Кузьмук

Оценочные сети как модификация сетей Петри и для моделирования параллельных процессов..... 110

О.О. Супруненко, О.В. Пасека

Застосування управляючих мереж Петрі для моделювання деяких задач теорії розкладів 121

Л.В. Гришко

Про формування професійних якостей майбутнього програміста в процесі навчання основ програмування 129

Відомості про авторів..... 137

УДК 519.16, 519.17, 004.414.2

О.О. Супруненко, О.В. Пасєка

ЗАСТОСУВАННЯ УПРАВЛЯЮЧИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ

У статті розглядається задача створення розкладу факультету ВНЗ, яка зведена до класу поліноміальних задач. Наведена модель основних етапів підготовки даних до складання розкладу, що побудована управляючою мережею Петрі. Представлений приклад реалізації автоматизованої системи складання розкладу факультету. Окреслені перспективи розвитку даної задачі.

Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація, теорія розкладів, мережі Петрі.

Вступ

На сьогоднішній день існує проблема оптимізації багатокритеріальних задач теорії розкладів, до яких належать задачі планування оптимального розкладу робіт в системі при допустимості зміни порядку проходження робіт у процесі переходу від одного блоку до іншого [1]. До таких задач належить задача створення розкладу факультету вищого навчального закладу (ВНЗ).

Теорія розкладів з'явилася як окремий розділ дискретної математики в 50-их роках минулого сторіччя і займається проблемами впорядкування за визначеними оптимізаційними критеріями. Задачі теорії розкладів отримали розвиток в роботах Беллмана Р. [2], Гэри М., Джонсона Д. [3], Максвелла В., Миллера Л., Конвея Р. [4], Танаєва В.С. [5-6], Ковальова М.Я., Шафранського Я.М. [5], Шкурба В.В. [6], Прилуцького М.Х. [7], Норенкова И.П. [7-8] та ін.

Є чимало спроб розв'язати поставлену задачу [9, 10, 11], але розглянуті варіанти розроблені для конкретних ВНЗ і мають обмежені можливості адаптації до умов інших вищих ВНЗ. Так, наприклад, у розглянутих програмних продуктах на передбачений зв'язок кількох навчальних планів з однією спеціальністю, ведення побудованого розкладу можливо лише «вручну», немає можливості розподілення робіт при формуванні робочих навчальних планів, перевантажений інтерфейс користувача. Тому актуальною продовжує залишатися задача автоматизованого створення розкладу факультету ВНЗ із варіюванням початкових даних, структурних обмежень та ресурсів.

1. Постановка задачі створення розкладу факультету ВНЗ

У теорії розкладів [3, 6] задача створення розкладу факультету ВНЗ належить до NP-повних задач. Якщо при розв'язанні даної задачі число обмежень є кінцевою множиною, то її можна віднести до класу псевдополіноміальних задач. Якщо в задачі створення розкладу дозволені переривання, або всі моменти отримання завдань дорівнюють нулю, то дана задача може бути розв'язана за поліноміальний час [3]. Окрім всього сказаного, якщо відрізок часу виконання кожного завдання є постійною величиною, то розв'язання задачі можна досягнути за поліноміальний час [5].

При створенні завдання на складання розкладу виконавець визначає кінцеву кількість обмежень, комплекс вхідних даних повністю формується на момент початку складання розкладу. Час проведення кожного заняття є постійною величиною. Тому розв'язувану задачу віднесемо до класу поліноміальних.

Початковими даними для створення розкладу факультету ВНЗ є навчальні плани спеціальностей, за якими проводиться підготовка фахівців на даному факультеті; кадровий викладацький склад; навантаження викладачів; кількість та тип аудиторій для занять (ресурсне забезпечення); кількість груп та підгруп кожної спеціальності на кожному курсі, а також розклад пар (часові обмеження навчального процесу). Підготовка початкових даних полягає у формуванні з навчального плану робочого навчального плану на рік планування, у заповненні форм «дисципліна – вид занять – викладач», у об'єднанні лекційних занять в потоки та у доповненні списку аудиторій характеристиками (лекційна, комп'ютерний клас, кількість посадкових місць та ін.) та пріоритетами.

Математичну модель задачі запишемо у загальному вигляді:

$$F(R) = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N c_i^k R_i^k ; 0 \leq R_i^k \leq 1 ; c_i^k \in Z^+ , \quad (1)$$

де R_i^k – змінна якості розташування занять у розкладі, величина якої обмежена; c_i^k – коефіцієнт, що залежить від кількості занять з дисципліни i для k -ї спеціальності.

2. Розв'язання задачі створення розкладу факультету ВНЗ

Процес створення розкладу є багатокритеріальною комбінаторною задачею, що складно формалізується. Формалізація задачі належить до процедури синтезу системи, алгоритмічний апарат якої слабо розвинений [12]. Формалізація виконана лише для невеликого кола задач, до яких належать розміщення електронних компонентів на печатних платах та кристалах ВІС, синтез маршрутів технологічних процесів у машинобудуванні, розкрій матеріалів та ряд інших [3]. У більшості випадків синтез реалізується людиною в інтерактивному режимі роботи з комп'ютером [12], що рідко позитивно впливає на якість розв'язання задач на кожному кроці ітераційного процесу та значно збільшує час виконання задачі. Такий режим роботи з розкладом допустимий на завершальному етапі автоматизованого створення розкладу, але є неефективним при складанні основного проекту розкладу факультету. Ускладнює розв'язок поставленої задачі й неоднозначність вхідних даних, яка обумовлена різною структурною будовою та внутрішніми обмеженнями конкретного ВНЗ. Тому актуальною в нинішніх умовах є задача створення розкладу, в якій варіюються початкові дані, структурні обмеження та ресурси.

В якості теоретичного підґрунтя для розв'язання задачі були обрані цілком поліноміальні ε -наближені алгоритми [3, 8]. Оскільки у задачі необхідно максимізувати ряд параметрів (m – рівномірність завантаження навчальних груп на протязі тижня, q – відповідність кількості посадкових місць в аудиторії розміру групи/підгрупи, x – відповідність концентрації занять в 1-у, 2-у чи проміжну зміни (та мінімізація кількості «вікон» у розкладі), то користуємось ε -наближеним алгоритмом, який дозволяє знайти допустиме рішення, тобто рішення, вартість якого не більш, ніж в $(1+\varepsilon)$ разів перевищує оптимальне рішення. Алгоритм вважається цілком поліноміальним, оскільки його часова складність обмежена кінцевим поліномом [12].

Загальний вигляд критерію оптимізації, що полягає в максимізації показника якості розташування занять у розкладі, запишемо у вигляді:

$$F(R) = \max_R \sum_{i=1}^I \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q \sum_{x=1}^X \sum_{z=1}^Z \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T f(R(i,s,m,q,x,z), W(i,s,p), V(i,t)), \quad (2)$$

де $F(R)$ – критерій оптимізації по функції якості розташування в розкладі R ; $f(R(i,s,m,q,x,z), W(i,s,p), V(i,t))$ – функція, яка визначає величину показника якості розташування s -ї пари з i -ї дисципліни в розкладі на z -й позиції в залежності від рівномірності завантаження навчальних груп на протязі тижня (m) відповідності аудиторії розміру групи/підгрупи (q) та концентрації занять (мінімізації кількості «вікон») (x), $W(i,s,p)$ – функція кадрового забезпечення s -ї пари з дисципліни i в залежності від завантаженості викладачів (p), $V(i,t)$ – функція часових обмежень t викладання дисципліни i у розкладі.

При розв'язанні задачі використовувався цілком поліноміальний ε -наближений алгоритм, що описаний у роботі [12], який базується на групуванні критеріїв. Запишемо розв'язання задачі для узагальнених змінних s, y у вигляді:

$$l_s(y,c) = \begin{cases} \max\{\Delta + l_{s-1}(y,c - c_s(\Delta)) \mid \Delta \in \{0\} \cup \bigcup_{\Omega_s} \{\psi_s^t, \Psi_s^t\}, c(\Delta) \leq c\} \text{ при } s \notin \{y, y+1\} \\ \max\{\Delta + l_{s-2}(y,c - c_s(\Delta)) \mid \Delta \in \{0\} \cup \bigcup_{\Omega_s} \{\psi_s^t, \Psi_s^t\}, c(\Delta) \leq c\} \text{ при } s = y+1 \end{cases}$$

де $c = 0, \dots, \bar{\Delta}$; $s \neq y$, $l_s(y,c)$ – максимальний показник функції якості розташування занять в розкладі; Δ – верхня оцінка показника $R_{\varepsilon C}$ для даної задачі. Для знаходження ε -наближеного розв'язку задачі при $\delta = \frac{\varepsilon C}{(n-1)}$ скористаємось

значеннями функції $l_s(y,c)$:

$$F(y,R) = \min \left\{ \alpha + \frac{c_s^y R_s^y}{\delta} \mid l_{cn}(y,c) + f_y > D, f_y \in \{0\} \cup \bigcup_{t=1}^{E(y)} [g_y^t, G_y^t], \alpha = 0, \dots, \frac{\Delta}{\delta} \right\}.$$

Знайдене рішення забезпечує через управляючу компоненту f_y відшукування оптимального розташування s -ї пари у розкладі, або, за умови нерозв'язуваності відповідної локальної задачі, розміщення її у вільній комірці в кінці розкладу, що відповідає навчальній групі, у навчальному плані якої є дана дисципліна.

3. Застосування управляючих мереж Петрі для моделювання задачі створення розкладу

Модель задачі створена на основі управляючих мереж Петрі (SN), які базуються на безпечній інтерпретації мереж Петрі (SPN). Такий вибір обумовлений необхідністю описати алгоритм [13] розв'язання задачі, який характеризується послідовною обробкою робочих навчальних планів, які підготовані для студентів визначених спеціальностей. На рис. 1 представлена модель розрахунку якісних показників для задачі створення розкладу.

Розрахунок функції якості розташування заняття у розкладі ведеться в паралельному режимі, оскільки складається з багатьох незалежних і частково залежних компонентів, що обумовлює формування незалежних або частково-незалежних паралельних потоків. Загальний процес розрахунку функції якості є ітераційним та має прямий і зворотній етапи.

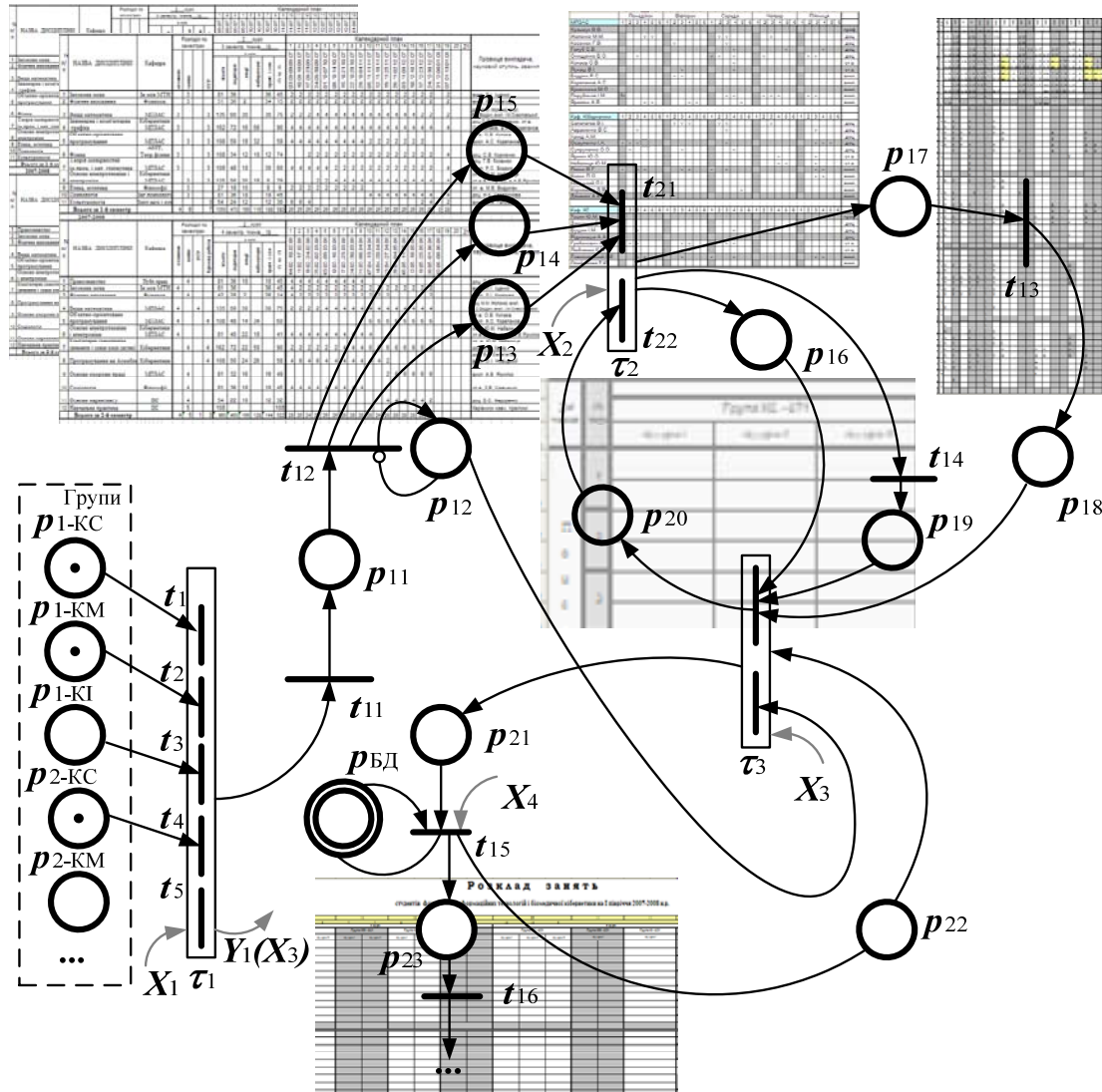


Рис. 1. Модель розрахунку показників якості розташування занять у розкладі

Умовою запуску моделі (рис. 1) на виконання є факт набору груп на відповідних курсах навчання (вершини місць $p_{1-KC}, p_{1-KM}, \dots$). При активізації макропереходу τ_1 мітка з характеристикою певної групи (спеціальність, кількість студентів, підгруп) обрана вхідним управляючим вектором X_1 передається у перехід t_{11} для початку розрахунку варіантів розташування занять. Процес розрахунку складається з активізації відповідного робочого плану (t_{12}), виокремлення типів занять з кожної дисципліни (p_{13}, p_{14}, p_{15}) та визначення викладачів, які проводять кожен тип занять (t_{21}), перевірка завантаженості викладачів (τ_2), перевірка завантаженості аудиторій за критерієм рівномірності завантаження та кількості студентів у групі/підгрупі (p_{17}, t_{13}), розрахунок варіантів розташування кожної пари (τ_3) з врахуванням злиття в потоки, раніше розрахованих критеріїв (τ_2, t_{13}) та мінімізації «вікон» в розкладі групи (t_{14}). Розрахунок розкладу для наступної групи не може розпочатися до кінця

попереднього розрахунку, оскільки вершина p_{12} має інгібіторну [14] дугу до вершини переходу t_{12} і при наявності в ній мітки блокує повторний запуск t_{12} до кінця перебування мітки в вершині p_{12} . Вершина p_{12} , прийнявши мітку на початку попереднього розрахунку, передасть її для активізації макропереходу τ_3 лише по закінченні всіх етапів розрахунку. З вершини макропереходу τ_3 поточна мітка перейде в вершину t_{15} для накопичення розрахованої інформації ($p_{БД}$). По закінченні розрахунку для всіх груп (управляючі вектори $(Y_1 \rightarrow X_3)$) необхідно провести завершальний етап оптимізації (t_{15}, τ_3) , після чого за умов активізації (користувачем) управляючого вектора X_4 мітка передається у вершину t_{16} для початку формування розкладу в таблиці розкладу.

4. Результати розв'язання задачі створення розкладу факультету ВНЗ

Загальний алгоритм підготовки даних та складання розкладу занять факультету ВНЗ представлений на рис. 2. При проектуванні та розробці автоматизованої інформаційної системи складання розкладу (АІССР) факультету ВНЗ потрібно було вирішити велику кількість задач, що пов'язані з підготовкою даних для задачі оптимізації (рис.1). Весь перелік задач був згрупований та розподілений між модулями (рис.3)

Головний модуль забезпечує інтерфейс з користувачем, надаючи йому необхідні інструменти для підготовки даних та керування генерацією, доводкою та веденням розкладу. Він за вибором користувача він перемикає систему у певний режим роботи (режим підготовки даних, режим генерування розкладу, режим ведення розкладу) і, в залежності від режиму роботи, передає керування іншим модулям, які призначені для виконання відповідних функцій. Для накопичення та збереження даних, необхідних для роботи системи, використана реляційна модель бази даних. Логіку роботи з даними реалізовано у базі даних з допомогою тригерів та збережених процедур.

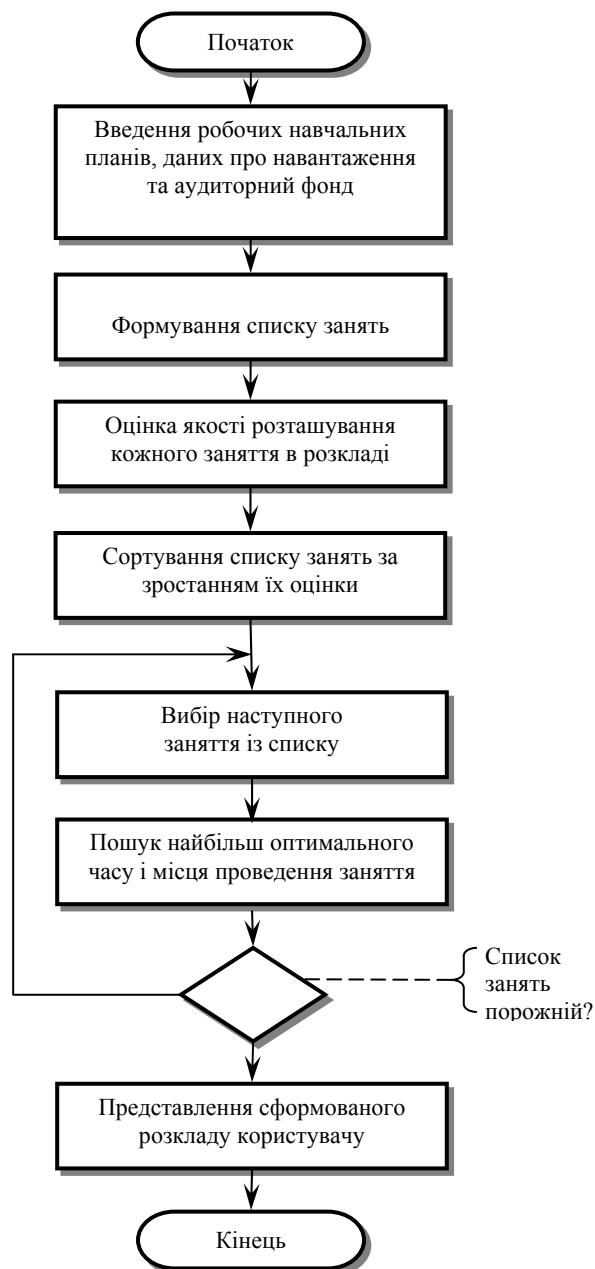


Рис. 2. Блок-схема алгоритму складання розкладу

Взаємодію з базою даних забезпечує модуль даних. Він містить методи, завдяки використанню яких інші модулі системи надають користувачу можливість працювати з потрібною інформацією, що представлена у вигляді форм чи звітів.

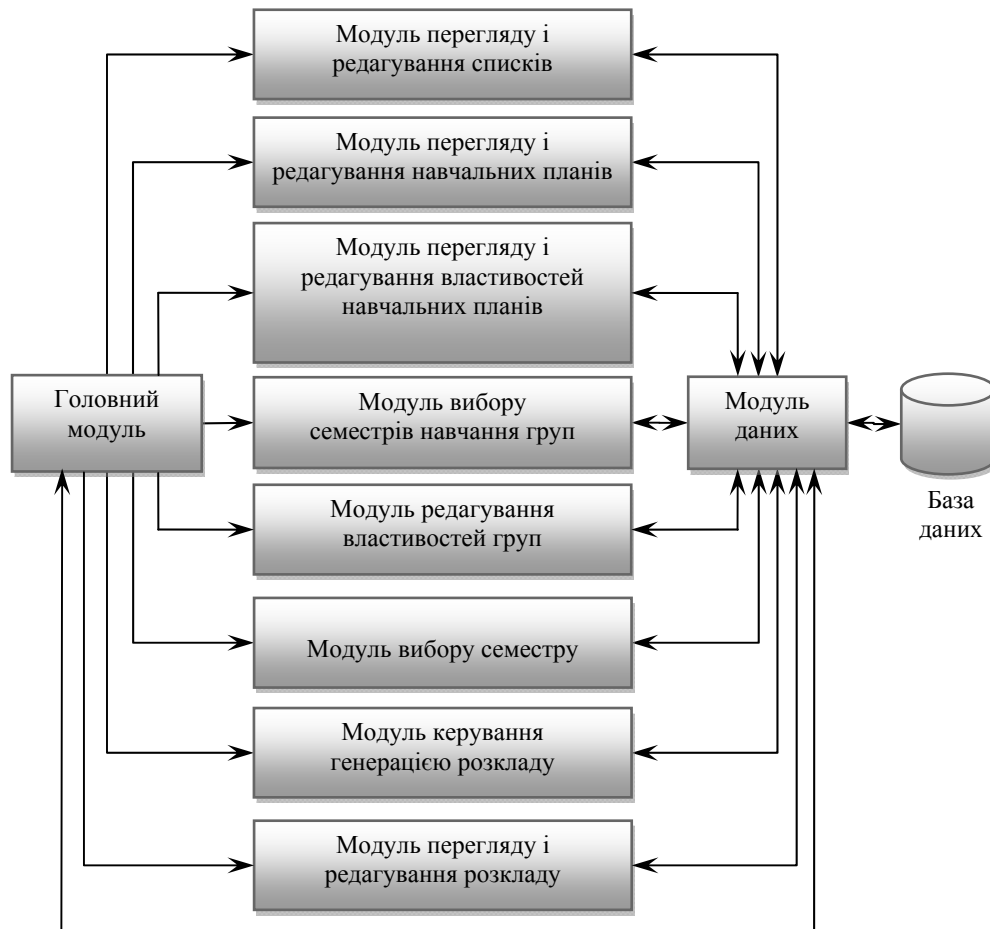


Рис. 1. Схема взаємодії модулів системи

У базі даних передбачається наявність таблиць-довідників (списки дисциплін, списки аудиторій та ін.), для їх редагування призначений модуль перегляду і редагування списків. Модуль перегляду та редагування навчальних планів надає змогу користувачеві переглядати і редагувати навчальні плани спеціальностей, а також створювати на їх основі робочі навчальні плани, вводити і редагувати навантаження викладачів. У модулі перегляду і редагування властивостей навчальних планів реалізовані функції для додавання нових навчальних планів спеціальностей. Він взаємодіє з користувачем та модулем даних.

Складання розкладу проводиться для певного семестру навчання. Для додавання семестрів, а також вибору поточного семестру призначений модуль вибору семестру. Модуль редагування властивостей груп виконує функції додавання нових навчальних груп, а також перегляду та редагування властивостей всіх наявних груп. Для створення робочих навчальних планів груп потрібно пов'язати кожен семестр із певним семестром навчання групи. Для цього призначений модуль вибору семестрів навчання груп.

Модуль керування генерацією розкладу надає користувачу можливість запуску та зупинки автоматичної генерації розкладу, налаштування параметрів генерації, а також містить функції для індикації процесу генерації розкладу.

Модуль перегляду і редагування розкладу, відповідно, дозволяє переглядати і редагувати розклад занять. Даний модуль призначений для доводки і поточного ведення розкладу занять під час семестру.

Створена автоматизована інформаційна система складання розкладу (АІССР) факультету ВНЗ буде доповнюватися пріоритетами розміщення занять в розкладі та рядом інших обмежень, які дозволять знизити рівень нерозв'язуваності локальних задач оптимізації, прискорять підготовку проекту розкладу, спростять роботу фахівця по складанню розкладу.

Висновки

В результаті розв'язання поставленої задачі та її реалізації в АІССР факультету ВНЗ вдалося побудувати допустимий варіант розкладу факультету, який враховує вищеназвані обмеження. Даний варіант автоматизованої системи має бути доповнений рядом додаткових обмежень та вдосконалений за рахунок реалізації механізму контролю завершального етапу оптимізаційної задачі.

Література

1. Левин В.И. Структурно-логические методы в теории расписаний [Текст]: Монография. / В.И. Левин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., – 2006. – 176 с.
2. Bellman, R., Gross, O. Some combinatorial problems arising in the theory of multistage processes // Journ. Soc. industr. and appl. mathematics. – Vol. 2. – No. 3. – 1945.
3. Гэри М. Вычислительные алгоритмы и труднорешаемые задачи [Текст] / М. Гэри, Д. Джонсон – М.: Мир, 1982. – 416 с.
4. Конвей Р.В. Теория Расписаний [Текст] / Р.В. Конвей, В.Л. Максвелл, Л.В. Миллер. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", 1975. – 359 с.
5. Танаев В.С. Теория расписаний. Групповые технологии [Текст] / В.С. Танаев, М.Я. Ковалев, Я.М. Шафранский – Минск: ИТК НАН Беларуси, - 1998. – 410 с.
6. Танаев В.С. Введение в теорию расписаний [Текст] /В.С. Танаев, В.В. Шкурба – М: Изд-во Наука, 1975. – 256 с.
7. Батищев Д.И. Метод комбинирования эвристик для решения комбинаторных задач упорядочения и распределения ресурсов [Текст] / Д.И. Батищев, М.Х. Прилуцкий, Э.Д. Гудман, И.П. Норенков // Информационные технологии, – 1997. – № 2. – С.29-32.
8. Норенков И.П. Эволюционные методы в задачах выбора проектных решений [Электронное научное издание] / И.П. Норенков, Н.М. Арутюнян // Наука и образование. - №9. – 2007. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/68376.html>. Проверен: 25.11.11.
9. Программа «Ректор-ВУЗ». [Электронный документ]. Режим доступа: <http://www.rector.spb.ru/>. Проверен: 02.12.11. Загл. с экрана.
10. Программа по составлению расписания занятий в ВУЗе. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://freehabr.ru/blog/programming/2073.html>. Проверен: 01.12.11. Загл. с экрана.
11. Басыров Р. АВТОРСкое составление расписаний. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://softkey.info/reviews/review647.php>. Проверен: 02.12.11. Загл. с экрана.
12. Еремеев А.В., Ковалев М.Я., Кузнецов П.М. Приближенное решение задачи управления поставками со многими интервалами и вогнутыми функциями стоимости. [Электронный документ]. Режим доступа: http://iitam.omsk.net.ru/~eremeev/PAPERS.MAT/ekk_127.pdf. Проверен: 27.11.11. Загл. с экрана.
13. Супруненко О.О. Засоби автоматизованого аналізу паралельних алгоритмів на основі модифікацій мереж Петрі [Текст] / О.О. Супруненко, А.М. Парнюк // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4/3 (46). – С. 66-71.