

## **ЗАВДАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ АУДИТОРНИМ ФОНДОМ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

*Анотація. Формалізовані завдання складання розкладу занять університету та розподілу аудиторного фонду. Складання розкладу розглядається як задача про призначення з обмеженнями. Подано процедури щодо удосконалення організаційного забезпечення технології складання розкладу. Для візуалізації розкладу і стану аудиторного фонду запропоновано двоекранний інтерфейс користувача. Розроблені методи розподілу аудиторного фонду та виконано аналіз ефективності його використання.*

*Ключові слова: аудиторний фонд, розклад занять, організація, документи.*

### **Вступ**

Розподіл аудиторій – головна складова процедур розробки та оперативного управління розкладом занять закладів освіти. Результативність розподілу впливає на процес управління аудиторним фондом університету. Відсутність засобів автоматизації ускладнює аналіз стану аудиторного фонду та ефективність його використання [1]. Існують деякі програмні рішення задачі управління аудиторним фондом [2-5]. Більшість з них не дозволяє розподіляти аудиторний фонд у автоматичному режимі, в іншому випадку [5] розподіл відбувається без урахування процесів складання розкладу. Деякі вдалі рішення вирізняють окремі системи від інших: веб-інтерфейс [2-3], надає можливість доступу до системи з будь якого комп'ютера, без попередньої інсталяції програми; різні рівні доступу до системи [3] дозволяють обмежувати права роботи з системою для різних користувачів; можливість зміни пріоритетів факторів, що впливають на розподіл аудиторного фонду [5] дозволяє зробити результат розподілу оптимальним з урахуванням поточного стану навчального процесу.

## Постановка завдання із складання розкладу занять

Постановки наведених у подальшому завдань відповідають вимогам Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Після затвердження навчальних навантажень кафедр працівники навчального відділу можуть оперувати наступними множинами вихідних даних:

$D^P = \{d^P_i\}$ ,  $d^P_i = \langle p_i, d_i \rangle$  – пари викладач-дисципліна;

$D^G = \{d^G_i\}$ ,  $d^G_i = \langle g_i, d_i \rangle$  – пари група-дисципліна;

$Z^D = \{z^D_i\}$ ,  $z^D_i = \langle d_i, z_i \rangle$  – пари дисципліна-вид,

де:  $p_i \in P$  – викладач з множини викладачів  $P$ ;

$d_i \in D$  – дисципліна з множини дисциплін  $D$ ;

$g_i \in G$  – група з множини груп  $G$ ;

$z_i \in Z$  – вид занять з множини видів  $Z$ .

На основі цих відношень навчальний відділ формує множину навчальних потоків  $\tilde{g}_i$ , які можуть складатися з однієї навчальної групи  $\tilde{g}_i = \langle g_i \rangle$ , підгрупи  $\tilde{g}_i = \langle \bar{g}_{ij} \rangle$ , або декількох груп  $\tilde{g}_i = \langle g_{i_1}, g_{i_2}, \dots, g_{i_n} \rangle$ .

З отриманих даних формується множина занять  $U$ , елементами якої є  $u_i = \langle p_i, d_i, \bar{g}_i, z_i \rangle$ ,

де:  $\bar{g}_i = \langle \tilde{g}_i, k_i \rangle$ ,  $k_i$  – кількість студентів на потоці  $i$ . Складання розкладу полягає у формуванні множини занять у розкладі  $R = \{r_i\}$ ,

де  $r_i = \langle u_i, t_i \rangle$ ,  $t_i = \langle c_i, n_i, l_i \rangle$ ,  $t_i \in T$ ,  $c_i \in C$  – тип тижня (чисельник/знаменник),  $n_i \in N$  – день тижня,  $l_i \in L$  – номер пари. Завдання із складання розкладу полягає у визначенні відображення:

$$U \rightarrow T.$$

Слід враховувати наступні обмеження: рівномірний розподіл занять по дням тижня, з мінімальною кількістю «вікон»; побажання та вимоги викладачів; лекції бажано ставити на початок дня та початок тижня.

## Завдання із розподілу аудиторій

Розподіл аудиторного фонду полягає в формуванні множини занять у розкладі з визначеною аудиторією  $\bar{R} = \{\bar{r}_i\}$ , де  $\bar{r}_i = \langle r_i, a_i \rangle$ ,  $a_i \in A$  – аудиторія.

Формально таке завдання зводиться до пошуку функції  $A = f(R)$ . При чому розклад може бути складений таким чином, що не для кожного заняття можливо виділити аудиторію. Для зменшення проблем, що пов'язані з недоліками розкладу, пропонується об'єднати процеси складання розкладу та розподілу аудиторного фонду. Тобто поєднати формування множини елементів  $\bar{r}_i = \langle u_i, t_i, a_i \rangle$ .

При розподілі аудиторного фонду необхідно враховувати деякі фактори:

аудиторії повинні бути максимально завантаженими:

$$F_1 = \sum_{i=1}^I (\bar{r}_i m - \bar{r}_i k) \rightarrow \min ; \quad (1)$$

переміщення потоків між заняттями повинно бути мінімальним:

$$F_2 = \sum_{i,j \in \tilde{I}} \bar{r}_i k \cdot \rho(\bar{r}_i a, \bar{r}_j a) \rightarrow \min ; \quad (2)$$

щотижневі заняття бажано проводити в одній аудиторії по чисельнику та знаменнику:

$$F_3 = \sum_{i,j \in \tilde{I}} |\bar{r}_i c - \bar{r}_j c| \rightarrow \min , \quad (3)$$

де  $I$  – загальна кількість занять;

$\bar{r}_i k$  – кількість студентів у відповідному  $\bar{r}_i$ ;

$\bar{r}_i m$  – місткість відповідної  $\bar{r}_i$  аудиторії;

$\bar{r}_i a$  – аудиторія відповідна  $\bar{r}_i$ ;

$\rho(\bar{r}_i a, \bar{r}_j a)$  – відстань між аудиторіями  $\bar{r}_i a$  і  $\bar{r}_j a$ ;

$i, j \in \tilde{I}$  якщо  $\bar{r}_i c = \bar{r}_j c$  &  $\bar{r}_i n = \bar{r}_j n$  &  $\bar{r}_i l = \bar{r}_j l + 1$ ;

$i, j \in \tilde{\tilde{I}}$  якщо  $\bar{r}_i u = \bar{r}_j u$  &  $\bar{r}_i n = \bar{r}_j n$  &  $\bar{r}_i l = \bar{r}_j l$ .

Таким чином, задача розподілу аудиторій: знайти  $A = f(R)$  таку, що

$$F = w_1 F_1 + w_2 F_2 + w_3 F_3 \rightarrow \min , \quad (4)$$

де  $w_i$  – вагові коефіцієнти, які визначаються навчальним відділом.

### Складання розкладу занять як задача про призначення з обмеженнями

Розглянемо підхід до формалізації завдання із формування розкладу занять на основі представлення (1) – (3) як задачі про призначення [7, 8]. Завдання планування у формі призначення представляється в наступній формулюванні: маємо  $n$  робіт та  $n$  кандидатів-виконавців для виконання цих робіт. Призначення кандидата  $i$  на роботу  $j$  пов'язано із витратами  $c_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ). Потрібно знайти призначення (відображення  $U \rightarrow T$ ) кандидатів на всі роботи, що дають мінімальні сумарні витрати. Це типова комбінаторна задача [7]. У [8] приведені різні розширені форми задачі про призначення.

При плануванні розкладу занять ВНЗ у модель призначення введемо додаткову систему обмежень, що містить різні умови розрахунку розкладу.

Таким чином, для автоматизації пропонується модель на основі урахувань зв'язків елементів розкладу. Обмеження можна представити у наступному вигляді:

- умовні призначення: обмеження визначаються у вигляді набору правил;
- зв'язність виконавців (якщо виконавець призначається на яку-небудь роботу, то він призначається і на її похідні роботи);
- агентна модель збору даних про процес формування розкладу.

Основна інтерпретація моделі призначення наступна: у якості замовлення виступає  $\langle p_i, d_i, z_i \rangle$ , а виконавцем є  $\langle t_i, a_i \rangle$ . Замовлення формуються на основі навчальних планів та планів організації навчального процесу. Окремими прикладами обмежень задачі являються наступні вимоги: мінімальна кількість «вікон» для груп та викладачів, врахування побажань викладачів (дні, номери пар, яким віддається перевага), обмеження на кількість лекційних занять, що йдуть підряд та інше. Кожна невідповідність вимогам супроводжується нарахуванням «штрафних» балів. Мета – призначити заявки виконавцям так, щоб мінімізувати величину штрафів при задоволенні побажань виконавців. При цьому планування розкладу полягає у нахо-

дженні відповідної перестановки, яка буде розв'язком поставленої задачі. Для вирішення цього завдання застосовані методи [7], модифіковані з урахуванням системи обмежень для розкладу занять. Модифікація відзначається тим, що крім величин  $c_{ij}$ , як оцінок ефективності призначення замовлень виконавцям (локальні оцінки), ураховуються загальні властивості для усіх призначень, що мають вигляд (2) – (3). Сукупність показників (2) – (3) і функція оцінювання моде-

лі призначення  $\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} = P$  можуть використовуватися послідовно з поступками, або разом з (4).

#### Автоматизація розподілу аудиторного фонду

Розроблена програмна система дозволяє автоматизувати процес розподілу аудиторного фонду. Вона забезпечує можливість розподілення аудиторій для лекційних та практичних занять, лабораторні заняття потребують специфічних аудиторій та детального аналізу кожного типу занять. Розподіл відбувається з урахуванням набору пріоритетів (1-3). Якщо для заняття немає аудиторій потрібного типу та місткості, відбувається пошук аудиторій іншого типу, що не були досі розподілені. У системі створено інструменти і рекомендації для застосування інтерфейсу для управління розподілом аудиторій при роботі із двома моніторами. Після розподілу створюється файл розкладу аудиторій у форматі \*.xls. Файл має формат, який використовується навчальним відділом при ручному розподілу, а тому може бути роздрукований та використаний у подальшій роботі. В окремому файлі виводиться перелік занять, для яких не вдалося знайти вільної аудиторії. Середній рівень автоматизованого розподілу аудиторій складає 98%.

#### Організаційне забезпечення вдосконаленої технології

Однією зі складових технології управління аудиторним фондом є організаційне забезпечення. Вдосконалена технологія передбачає наступні зміни. Диспетчери навчально-методичного управління формують шаблони документів, які передаються на кафедри для заповнення: «Розподіл навантаження по кафедрі»; «Вимоги та побажання викладача при складанні розкладу занять». Вище вказані документи можуть передаватись як в паперовому вигляді, так і в електронному. Останній варіант є більш зручним, оскільки шаблони документа заповнюється довідниковою інформацією щодо викладачів кафедри та

дисциплін, що викладаються. Заповнений електронний варіант може бути автоматично завантажений до розробленої системи, що дозволяє зменшити навантаження на диспетчерів. Ще однією можливістю для оптимізації використання аудиторного фонду є управління аудиторіями поза розкладом.

#### **Аналіз стану використання аудиторного фонду**

У системі передбачені функції аналізу ефективності використання аудиторного фонду університету, коли аудиторії являють множину об'єктів зі своїми властивостями (місткість, тип, оснащення). При цьому деякі з цих властивостей ніколи не змінюються (розташування) або змінюються дуже рідко (приналежність до деякої кафедри), а деякі змінюються постійно (наповненість під час заняття). Змінюючи ці властивості можливо зробити аудиторний фонд університету максимально прилаштованим до поточних потреб. Однією з задач аналізу є оцінки наповненості аудиторій. Мета такого аналізу – визначення аудиторій з недостатньою наповненістю, які є кандидатами до переобладнання, в тому числі до поділу на дві частини. Можуть бути прийняті рішення щодо перенесення у ці аудиторії частки занять з інших з метою переобладнання останніх. Для рішення цієї задачі виконується кластеризація аудиторій по досліджуваним властивостям. Наповненість аудиторій кожного заняття прийняті у якості вимірів в багатомірному Евклідовому просторі. Кластер, що буде найближчий до початку системи координат, буде кластером, аудиторії в якому мають тенденцію до недостатньої наповненості. Так на основі діючого розкладу занять було кластеризовано лекційні аудиторії транспортного університету, при цьому виділено 21 кластер, які мають від 1 до 8 аудиторій.

#### **Висновки**

Розроблені засоби автоматизації разом із економією аудиторного фонду та часу, що витрачається на процеси управління, дозволяють збирати статистичну інформацію для аналізу якості забезпечення навчального процесу, формування висновків та рекомендації на основі цих даних. Періодичний аналіз аудиторного фонду з використанням розроблених автоматизованих методів дозволить оперативно виявляти недоліки у використанні аудиторного фонду та приймати подальші рішення щодо їх виправлення. Реалізовані сценарії управлін-

ня розподілом аудиторного фонду при організації відображення та взаємодії двох моніторів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шинкаренко В. І. Розробка підсистеми АСУ університету для управління аудиторним фондом / В. І. Шинкаренко, С. Ю. Разумов, О. В. Нетреба // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: міжнар. наук.-практ. конф. 5-6 квітня 2012 р.: тези доп. – Дніропетровськ, 2012. – С. 141.
2. Автоматизированная система управления учебным процессом [Электронный ресурс] : <http://www.asuportal.duikt.edu.ua/> .
3. Интерактивная информационная система управления загруженностью аудиторного фонда ВЦ СКГУ [Электронный ресурс] / А. В. Шпак, Е. А. Ибраев, Д. В. Яковец // 2004: <http://www.ict.edu.ru/vconf/files/3626.doc> .
4. Информационная система учета аудиторного фонда учебного заведения [Электронный ресурс] /А.В. Брызгалов // 2009: <http://econf.rae.ru/pdf/2009/06/b4288d9c0e.pdf> .
5. Автоматизированная система управления вузом Галактика [Электронный ресурс]: <http://vuz.galaktika.ru/> .
6. Вишнякова І. М. АРМ «Розклад занять» / І. М. Вишнякова, С. Ю. Разумов // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: міжнар. наук.-практ. конф. 14-15 травня 2007 р.: тези доп. – Д., 2007. - С. 90.
7. Кудрявцев Е. М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах / Е. М. Кудрявцев. – М.: Радио и связь, 1984. – 184 с.
8. Разумов С.Ю. Специалізована модель задачі про призначення для складання розкладу занять вищих навчальних закладів. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2009. – № 29. – С. 176-179.