

УДК 519.6:378

**МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ВНЗ****Моркун В.С., Бурнасів П.В.,****METHODS OF QUALITY OF TIMETABLE SCHEDULING DETERMINATION  
AT HIGER EDUCATOINAL INSTITUTIONS****Morkun V.S. , Burnasov P.V.**

*Для визначення якості розкладу занять ВНЗ з точки зору суб'єктів навчального процесу, розроблено методичку оцінки на основі методів нечіткого регресійного аналізу, а для контролю за якісними показниками в процесі складання розкладу розроблено інтегральну оцінку якості. Для автоматичного визначення нежорстких вимог до розкладу, від ступеню виконання яких залежить рівень задоволеності розкладом занять з боку суб'єктів навчального процесу розроблено принципи їх формування на основі розкладів попередніх періодів з використанням модифікованого методу найближчого сусіда для визначення прецедентів з інтегрованої бази розкладів. Отримано оцінки якості розкладу занять на прикладі двох варіантів розкладу з різною кількістю доступних аудиторій. Проаналізовано залежність оцінок показників якості від обсягу аудиторного фонду.*

**Ключові слова:** розклад занять, критерії якості розкладу, метод найближчого сусіда, множина прецедентів

**1. Вступ.** Визначення якості розкладу занять у навчальних закладах задача нетривіальна. Стосовно завантаження аудиторного фонду критерії якості мають об'єктивний характер і досить просто визначаються у кількісній мірі. З якістю використання професорсько-викладацького складу ситуація дещо складніша: кожен викладач має своє особисте уявлення до якості його розкладу та якості розкладу студентів стосовно його дисципліни. Як відомо [1, 2], розклад занять має досить суттєвий вплив на якість підготовки фахівців взагалі. З метою керування освітнім процесом і виявлення прихованих факторів, що негативно на нього впливають, використовуються математичні моделі, в основі яких лежить апарат класичного регресійного аналізу. Опіраючись на ці моделі, будуються прогнози якості розкладу занять які використовуються в процесі складання розкладу, що дозволяє зменшити кількість варіантів розкладів при пошуку оптимального.

Численні дослідження у галузі теорії розкладів доводять, що проблема створення оптимального роз-

кладу за один цикл є дуже складною, оскільки не існує єдиного критерію оптимальності для розкладу занять [3, 4, 5]. Різні види інтегральних критеріїв оптимальності є компромісними і в більшості випадків вони вступають у протиріччя з локальними критеріями [6]. Задача складання оптимального розкладу розкладається на дві підзадачі: складання повного розкладу і вирішення всіх протиріч та оптимізація складеного розкладу [7]. Задача складання оптимального навчального розкладу в загальному випадку характеризується великою розмірністю. У роботах [3, 7, 8] обґрунтована необхідність декомпозиції цієї складної задачі на підзадачі. Існуючі способи складання навчального розкладу розрізняються кількістю, видом обмежень, що враховуються, і критеріїв оптимальності. До того ж часто ці завдання є NP – важкими [9], тому для їхнього вирішення застосовуються різноманітні методи й методи.

Метою роботи є дослідження критеріїв якості розкладу занять ВНЗ з точки зору суб'єктів розкладу (студентів і викладачів) та способів формування нежорстких вимог до розкладу.

Постановка завдання. Оптимальний розклад занять можливий лише коли критерій оптимальності єдиний і він набуває екстремального значення. В реальних розкладах занять такий випадок є неможливим, оскільки суб'єктами розкладу занять є студенти, викладачі та аудиторії, які мають різні, і подекуди взаємовиключні, критерії оптимальності, задоволення яких одночасно неможливе. Побудова інтегральних критеріїв, що враховують декілька різних часткових критеріїв дозволить створити досить непогані розклади занять, але вони не будуть оптимальними, оскільки сам критерій є компромісним.

**2. Матеріали та результати досліджень.** Проаналізуємо вимоги до розкладу з боку зацікавлених сторін. Визначимо зацікавлених осіб і їх вимоги до розкладу. Адміністрація зацікавлена в наявності повністю складеного розкладу у встановлений час, від-

повідності розкладу нормативно-правовим документам, зручному розкладу для груп і викладачів. Адміністрації також важливий графік завантаженості аудиторного фонду. Аналізуючи його можна ухвалювати рішення щодо введення нових аудиторій в аудиторний фонд, виводу аудиторій під адміністративно-господарські цілі, проведенні ремонтних робіт і т.д. Кафедри зацікавлені в раціональному використанні лабораторного фонду, дотримання режиму роботи лабораторій для забезпечення профілактичних робіт, вимог техніки безпеки, зручності розкладу викладачів і груп. Викладачі зацікавлені в задоволенні різноманітних побажань до розкладу. До розкладу груп також пред'являється ряд вимог.

Доцільно виділити наступні групи вимог, які можна прийняти за основу при визначенні показників якості розкладу:

1. відповідність розкладу нормативно-правовим документам;
2. відповідність розкладу вимогам навчального процесу (навчальні плани, наявність спеціальних лабораторій для проведення лабораторних робіт, урахування обмежень, що накладаються на форми навчання, об'єднання груп у потоки, формування віртуальних груп для вивчення дисциплін за вибором і т.д.);
3. відсутність занять, що не включені до розкладу;
4. урахування режиму роботи аудиторій;
5. урахування побажань викладачів до розкладу занять;
6. обмеження на розклад груп.

Перші три пункти містять жорсткі вимоги. Недотримання кожного з них означає фактичну відсутність розкладу занять і спричиняє зрив навчального процесу. Четвертий пункт важливий з адміністративної й господарської точки зору. Наприклад, деякі спеціальні аудиторії вимагають профілактичного обслуговування, або мають особливі вимоги до техніки безпеки. У цьому випадку недотримання режиму їх роботи також може привести до зриву навчального процесу.

Викладачі можуть бути штатними працівниками або працювати за сумісництвом. Викладачі, що працюють за сумісництвом, можуть мати побажання до розкладу, невиконання яких приводить до неможливості проведення викладачем занять. Різні життєві ситуації можуть диктувати вимоги до розкладу й для штатних викладачів.

За формальними показниками, розклад можна вважати якісним, при жорсткому дотриманні перших трьох пунктів, четвертого пункту і якомога більшої кількості побажань викладачів і обмежень на розклад груп. Оцінювати якість розкладу, доцільно по набору основних вимог, які система дозволяє врахувати, та співвідношенню загальної кількості вимог до кількості вимог що враховані у розкладі.

Будемо вважати, що є  $I$  критеріїв оптимальності, причому кожний з них характеризується числовим значенням  $K_i$ ,  $i \in [1, I]$ . Нехай частинні критерії оптимальності для кожного заняття мають однакову шка-

лу виміру  $[0, 1]$  і приведені до безрозмірного типу за допомогою лінійної функції нормованих частинних показників якості:

$$k_i^s = \frac{K_i^s - K_i^{\min}}{K_i^{\max} - K_i^{\min}}$$

де  $K_i^s$  - поточне значення  $i$ -го критерію для оцінюваного заняття;

$K_i^{\max}$  - максимально можливе значення  $i$ -го критерію;

$K_i^{\min}$  - мінімально можливе значення  $i$ -го критерію;

$$K_i^{\min} \leq K_i^s \leq K_i^{\max}; k_i^s \in [0, 1]$$

Уведемо адитивну функцію вибору заняття, що розраховується для кожного заняття розкладу. Вагові коефіцієнти критеріїв цієї функції можуть бути як статичними, так і динамічними:

$$q^s = \sum_i (e_i k_i^s)$$

Такий метод згортання критерію, що називається методом зважених сум, дозволяє забезпечувати пріоритет більш важливим частковим критеріям оптимальності за рахунок збільшення для них значень вагових коефіцієнтів  $e_i$ . Величина  $e_i$  задає в кількісному вимірі перевагу  $i$ -го критерію над іншими критеріями оптимальності, причому  $\sum_i e_i = 1$ .

Нормування вагових коефіцієнтів  $e_i$  виконується в такий спосіб:

$$e_i = \frac{|N_i|}{\sum_i |N_i|} \quad (1)$$

де  $|N_i|$  - мінімальна необхідна кількість перестановок для оптимізації  $i$ -го критерію. Ці значення відповідають мінімально-необхідному числу перестановок занять для отримання «ідеального» розкладу за критеріями  $K_i$ .

Відзначимо, що розрахунок динамічних вагових коефіцієнтів  $e_i$  (1) виконується на кожному кроці оптимізації.

Функція інтегральної оцінки розкладу за всіма критеріями оптимальності, що показує різницю між поточним і «ідеальним» розкладом занять, обчислюється по наступній формулі:

$$Q = \sum_s \sum_i k_i^s \quad (2)$$

Задача оптимізації розкладу занять зводиться до перетворення за допомогою евристичного алгоритму попереднього розкладу у розклад, що має мінімальне значення інтегральної оцінки розкладу (2).

Одержати найкраще рішення поставленої задачі можна тільки перебравши всі можливі варіанти її рішення, що ставить задачу в ряд задач комбінаторики [10]. Але повний перебір має велику кількість варіантів. У зв'язку з незадовільним станом точних методів рішення задач теорії розкладу [11] і великою кількістю перестановок пов'язаних з оптимізацією розкладу, був розроблений евристичний алгоритм багатокритеріальної оптимізації розкладу занять [12].

Якість розкладу з точки зору викладача визначається ступенем урахування його побажань. Побажання викладачів має сенс стандартизувати до декількох найбільш вживаних варіантів: бажане заняття, небажане заняття, вільний день, обов'язковий день, кількість пар у день. Побажання викладачів доповнюються побажаннями кафедри. Наприклад, викладач для своєї дисципліни вказує побажання про час проведення заняття, а кафедра рекомендує аудиторію для цього заняття. На жаль, такі побажання формують далеко не всі викладачі та не всі кафедри, що значною мірою знижує якість розкладу складеного в автоматичному режимі.

У розкладах занять попередніх періодів вже присутня інформація якої не достає в поточних даних. Таким чином, пошук рішення на основі прецедентів в базі даних (БД) попередніх розкладів полягає у визначенні ступеня подібності поточної ситуації з прецедентами, які мали місце раніш, а потім у виконанні спроби розв'язати сформовану проблемну ситуацію, використовуючи прецедент, що має найбільшу ступінь схожості з поточною ситуацією. Якщо дисципліна, для якої потрібно знайти аудиторії в яких вона може бути проведена, вже викладалась у минулому і викладач співпадає з поточним, то вочевидь, що задача вирішена і аудиторії, що використовувались в попередні роки можна вважати такими, що рекомендовані в порядку спадання кількості використання. У випадку, коли викладач інший, то знайдений список аудиторій буде мати меншу ступінь достовірності. Для врегулювання випадків, коли дисципліна раніше не викладалась, або змінена її назва, для кожної дисципліни встановлюється ідентифікатори групи аудиторій. Кожна аудиторія може входити до декількох груп. Наприклад, комп'ютерний клас входить до груп аудиторій для практичних і лабораторних занять, комп'ютерних класів, комп'ютерних класів з встановленим пакетом програм Visual Studio, комп'ютерних класів з встановленим пакетом програм Microsoft SQL Server.

З урахуванням перерахованих особливостей модифікуємо метод найближчого сусіда для визначення прецедентів з бази прецедентів (БП). Дана модифікація полягає в тому, що вводиться спеціальна величина  $H$  – граничне значення ступеня подібності (близкості) прецедентів з БП та поточної проблемної ситуації, яка задається експертом (викладачем). В результаті порівняння вибирається не один єдиний найближчий сусід (прецедент), а деяка множина найближчих сусідів, ступінь подібності яких більше або дорівнює граничному значенню  $S(C, T) \geq H$ . Це дозволяє

вирішити проблему для випадку, коли є кілька прецедентів, рівновіддалених від поточної ситуації в заданій метриці. Далі диспетчерові може бути видано множину знайдених прецедентів із зазначенням ступеня їх подібності з поточною ситуацією для подальшого вибору найкращого рішення.

У модифікованому методі передбачені також наступні можливості.

*Врахування коефіцієнтів важливості параметрів об'єкта* у відповідності з експертними знаннями. Коефіцієнт важливості (вага)  $i$ -го параметра позначимо  $w_i$ ,  $w_i = [0, 1]$ . За замовчуванням вага параметра вважається рівним 1, але експерт (диспетчер) має можливість вказати необхідні на його погляд значення для коефіцієнтів важливості параметрів. Для врахування коефіцієнтів важливості параметрів при добуванні прецедентів з БП необхідно скоригувати значення параметрів  $x_i$ , з формули Евклідової метрики

(евклідова відстань) [13]  $d_{CT} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i^C - x_i^T)^2}$  пом-

ноживши їх на відповідні коефіцієнти  $w_i$  і використовувати величини межі діапазонів параметрів для опису прецедентів  $x_i^{нов} \cdot w_i$ ,  $x_i^{кину} \cdot w_i$  при обчисленні максимальної відстані  $d_{max}$ .

*Робота з неповною інформацією у вихідних даних.* У разі відсутності значень параметрів в описі прецеденту передбачається, що за даними параметрами прецедент і поточна ситуація збігаються, тобто  $x_i^C = x_i^T$ , а параметри з відсутніми значеннями не є важливими для даного прецеденту.

Для пошуку нежорстких обмежень до розкладу з використанням модифікованого методу визначення найближчого сусіда були розроблені відповідні алгоритми визначення прецедентів, що використовують різні метрики для визначення ступеня подібності (близкості) прецедентів з БП системи та поточної проблемною ситуацією.

Розглянемо алгоритм визначення прецедентів з використанням евклідової метрики. Вхідні дані: поточна ситуація  $T$  (тобто повинні бути задані числові значення параметрів, що описують ситуацію),  $CL$  – непорожня множина прецедентів, що зберігається в БП,  $w_1 \dots w_n$  – ваги (коефіцієнти важливості) параметрів,  $m$  – кількість розглянутих прецедентів з БП і граничне значення ступеня подібності  $H$ .

Вихідні дані: Множина прецедентів  $SC$  (Set of Cases), які мають ступінь подібності (близкості) більшу або дорівнює порогового значення  $H$ .

Проміжні дані: Допоміжні змінні  $i, j$  (параметри циклу).

Крок 1.  $SC = \emptyset, j = 1$ ; перехід до кроку 2.

Крок 2. Якщо  $j \leq m$ , то вибрати прецедент  $C_j$  з БП ( $C_j \in CL$ ) і перехід до кроку 3, інакше вважати, що всі прецеденти з БП розглянуті і перехід до кроку 6.

Крок 3. Обчислити відстань  $d_{CT}$  в евклідовій метриці між вибраним прецедентом  $C_j$  і поточною

ситуацією  $T$  з урахуванням коефіцієнтів важливості параметрів:

$$d_{C_j T} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i (x_i^{C_j} - x_i^T))^2} \quad (3)$$

Якщо значення параметра  $x_i^{C_j}$  в описі прецеденту  $C_j$  відсутнє, то обчислити відстані  $d_{C_j T}$ , враховуючи, що  $x_i^{C_j} = x_i^T$ , а якщо відсутнє значення параметра  $x_i^T$  в описі поточної ситуації  $T$ , то вирахувати відстань  $d_{C_j T}$ , вважаючи  $x_i^T = x_i^{min} + (x_i^{max} - x_i^{min})/2$ .

Перехід до кроку 4.

Крок 4. Обчислити ступінь подібності  $S(C_j, T) = 1 - d_{C_j T} / d_{max}$ , враховуючи при обчисленні  $d_{max}$  ваги параметрів.

Перехід до кроку 5.

Крок 5. Якщо  $S(C_j, T) \geq H$ , то витягти прецедент  $C_j$  з БП і додати в результуючу множину  $SC$ ; привласнити  $j = j + 1$  і перехід до кроку 2.

Крок 6. Якщо  $SC \neq \emptyset$ , то прецеденти для поточної ситуації успішно знайдені, видати їх список користувачеві і перехід до кроку 7. Інакше, якщо  $SC = \emptyset$  і прецеденти для поточної проблемної ситуації не знайдені, видати повідомлення про необхідність зменшення порогового значення  $H$  і перехід до кроку 7.

Крок 7. Кінець алгоритму.

Зазначимо, що знайдені прецеденти можуть бути впорядковані за спаданням їх значень ступенів схожості з поточною ситуацією і видані користувачеві, який може з урахуванням власних уподобань вибрати найбільш відповідні прецеденти і на їх основі отримати рішення (діагноз і рекомендації) для поточної проблемної ситуації. Зауважимо також, що для обчислення відстані (3) можуть бути використані і інші показники (зважена евклідова метрика, манхеттенська метрика, квадрат евклідової відстані, відстань Чебишева, міра близькості Журавльова, міра подібності за Хеммінгом [13]), вибір яких робиться з урахуванням специфіки проблемної області.

Що стосується алгоритму, що базується на мірі подібності за Хеммінгом, то його відмінність від розглянутого вище алгоритму полягає в тому, що на кроці 3 визначається не відстань між прецедентом та поточною ситуацією, а кількість параметрів  $n_{C_j T}$ , значення яких у прецеденту і поточної ситуації збігаються. Цей алгоритм може працювати із символічними значеннями параметрів в описі прецедентів і проблемної ситуації. Перед виконанням обчислень значення  $n_{C_j T}$  повинно бути обнулено ( $n_{C_j T} = 0$ ). Крім того, для врахування коефіцієнтів важливості при збігу значень параметрів значення  $n_{C_j T}$  не збільшується на одиницю, а на  $w_i$ .

У разі відсутності значення параметра  $x_i^{C_j}$  в описі прецеденту  $C_j$  передбачається, що  $x_i^{C_j} = x_i^T$ , і

$n_{C_j T}$  збільшується на  $w_i$ , а у разі відсутності значення параметра  $x_i^T$  в описі поточної ситуації  $T$ , передбачається, що  $x_i^T \neq x_i^{C_j}$  і значення  $n_{C_j T}$  не змінюється.

Далі на кроці 4 обчислюється міра подібності за Хеммінгом, а решта кроків алгоритму залишаються без змін.  $S(C_o, T) = n_{C_j T} / \sum_{i=1}^n w_i$

Необхідно відзначити, що в алгоритмах визначення прецедентів для врахування коефіцієнтів важливості параметрів може виконуватися попередній етап (крок 0) для коригування значень меж діапазонів параметрів і самих параметрів, що виключає необхідність в подальшому врахування коефіцієнтів важливості при пошуку прецедентів.

**3. Експериментальна частина.** Автоматизована інформаційна система (АІС) «АРМ диспетчера ВНЗ» у ДВНЗ «Криворізький національний університет» знаходиться на етапі дослідної експлуатації. Дослідження АІС проводились на даних осіннього семестру 2014-2015 н.р. Цей період був «цікавий» тим, що було складено два робочих розклади, які реально використовувались при проведенні навчального процесу. В першому варіанті були задіяні всі 14 корпусів, а в другому варіанті було виведено з експлуатації на період опалювального сезону 7 корпусів.

Загальні дані по очній та заочній формі навчання у в осінньому семестрі 2014-2015 н.р. наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Загальні дані КНУ

Кількість:	Форма навчання	
	Очна	Заочна
академічних груп	350	345
потоків	1146	890
штатних викладачів	788	
викладачів задіяних на заняттях	723	631
аудиторних занять	9911	16404
корпусів в яких проводяться заняття	12	
аудиторій в яких проводяться заняття	417	
середня місткість аудиторії	41,34	

У денній формі заняття мають періодичний характер, в табл. 1 вказана кількість занять фактично за два тижні, а у заочній формі заняття мають календарний характер і в табл. 1 вказана фактична кількість занять за семестр.

Обмежень на час проведення занять для груп очної форми навчання не накладалося окрім типових настанов – заняття плануються з першої до шостої пари включно, допускається використовувати нульову і сьому пари у виключних випадках при дефіциті деяких конкретних аудиторій. У середньому аудиторне навантаження групи очної форми навчання становить 25,4 академічних годин у тиждень.

Більшість викладачів є штатними працівниками вишу, 10% від загальної кількості викладачів є внутрішніми сумісниками на інших кафедрах.

*Аналіз аудиторного фонду університету.*

Характеристика аудиторного фонду наведена на рис. 1 та у табл. 2. Навчальні корпуси, за винятком №№ 1 та 8, не дуже відрізняються по кількості аудиторій, але є суттєві відмінності по співвідношенню аудиторій різної місткості (див. рис. 1) та типів (див. таблиця 2). Так корпуси №№ 12,13,14 мають більше аудиторій середньої і великої місткості (в основному лекційні), корпуси №№ 3,4,10 мають більше лабораторій розрахованих на одну академічну групу. Найбільш універсальними по типу і місткості аудиторій є корпуси №№ 1 та 6.

Корпуси університету по декілька штук угрупованні у п'яти різних частинах міста, переміщення між якими можливе лише за допомогою транспортних засобів. Корпуси у одному кластері ми називаємо спорідненими: переміщення між ними можливе пішки протягом десятихвилинної перерви і у розкладі корпуси такого кластеру плануються як один корпус. До таких кластерів відносяться відповідно корпуси №№ 1, 6; №№ 2, 3, 4; №№ 5, 8; №№ 13, 14; №№ 9, 10.



Рис. 1. Аналіз аудиторного фонду

Таблиця 2

Місткість аудиторій різних типів							
Корпус	зал графіки	комп'ютерний клас	лабораторія	лекційна	павільйон	Спортзал	Взагалі
1	130	485	1710	2590	128	180	5223
2		55	222	701		57	1035
3			883				883
4		30	399	306			735
5		65	275	950			1290
6	25	145	528	1044			1742
8		30	141	55			226
9		60	208	694			962
10			164	608			772
12		90		1988		100	2178
13		60		1032		75	1167
14		30	425	570			1025
Σ	155	1050	4955	10538	128	412	17238

Таким чином, на основі аналізу кількості, місткості та якості аудиторій можна зробити висновок,

що найбільш універсальний аудиторний фонд є в корпусах №№ 1, 2, 6, 14. Корпуси №№ 3 і 10 не мають повного складу аудиторій різних типів необхідних для проведення занять і вони використовуються в комплексі з іншими корпусами.

*Визначення ступеня відповідності аудиторного фонду поточному навантаженню.*

У табл. 3 наведено аналіз планових завдань до складання розкладу занять у осінньому семестрі 2014-2015 навчального року по критерію кількості студентів у академічних групах та потоках у перерахунку. Наприклад, для проведення лекцій в академічній групі, або потоці з кількістю студентів до 17 заплановано 928 занять. Зрозуміло, що ці заняття необхідно провести не за одну пару.

У таблиці 4 загальну кількість планових занять перераховано на кількість пар в навчальних день при п'ятиденному робочому тижні. З табл. 4 видно, що сумарно для груп з кількістю студентів до 17 з використанням лише аудиторій місткістю до 17 необхідно майже 15 пар в день. Цей факт можна розцінювати як дефіцит невеличких аудиторій, але фактично це не є проблемою, оскільки при додатковому використанні аудиторій місткістю 18-30 та 31-50 осіб дефіцит аудиторій відсутній.

Таблиця 3

**Кількість занять по плану на осінній семестр денної форми навчання**

Форма занять	Кількість студентів					Взагалі занять
	< 17	18-30	31-50	51-90	> 91	
Лекція	928	520	298	164	7	1917
Лабораторні	512	384	2	0	0	898
Практичні	767	694	20	2	0	1483
Взагалі	2207	1598	320	166	7	4298

У середньому по вишу завантаження аудиторій складає 2,1 пари в день, що дозволяє без напруження організувати навчальний процес у одну зміну.

Таблиця 4

**Планове завантаження аудиторій (кількість пар в день)**

Форма занять	Кількість студентів					Середнє завантаження
	до 17	18-30	31-50	51-90	> 91	
Лекція	6,2	0,5	0,9	0,4	0,1	0,9
Лабораторні	3,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
Практичні	5,1	0,6	0,1	0,0	0,0	0,7
Взагалі	14,7	1,5	1,0	0,4	0,1	2,1

Відсутність (у середньому) дефіциту аудиторного фонду дозволяє вільно планувати заняття заочної форми навчання і проведення різних ненавчальних (за розкладом) заходів роботи зі студентами: як то проведення консультацій, додаткових занять, виховних заходів, факультативів, наукової роботи та ін. Все вище сказане, не стосується деяких лабораторій та, наприклад, комп'ютерних класів у корпусах №№ 4, 8, 14, які є дефіцитними і потребують пріоритетного планування для забезпечення їх раціонального використання. На основі наведених даних можли-

во зробити висновок що в університеті є достатній аудиторний фонд і розклад занять може бути складеним.

#### Оцінка показників якості.

Серед виведених з розкладу занять корпусів на час опалювального сезону (№№ 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12) є маленькі (біля десятка аудиторій) і великі п'ятиповерхові корпуси. Це збільшило навантаження на інші корпуси і дало можливість отримати більш «цікаві» результати з точки зору «стресостійкості» системи складання розкладу. Таким чином, в наявності два робочих варіанти розкладу: перший варіант – «звичайний» розклад з використанням всіх ресурсів який був робочим до 1 листопада, і другий варіант – «екстремальний» розклад з виведенням деяких корпусів з розкладу з першого листопада до закінчення семестру. Обидва варіанти розкладу і були використані для подальшого аналізу. База даних розкладу занять була оброблена за допомогою програми написаної на мові Visual FoxPro, результати збережені в таблицях у форматі Microsoft Excel. В середовищі останнього і були побудовані всі графіки і діаграми.

На рис. 2 наведено сумарне завантаження аудиторій різних типів по парам занять, а на рис. 3 наведено діаграму сумарного завантаження аудиторій різного типу для двох варіантів розкладу. Виявилось, що у другому варіанті розкладу з'явилися неочікувані результати. Так, в результаті тимчасового виведення з розкладу семи корпусів збільшилось навантаження тільки залів графіки з 78 до 264 занять (такий тип аудиторій є тільки в корпусах №№ 1, 6), та лабораторій з 4221 до 5062 занять, а в комп'ютерних класах (з 1607 до 1478), лекційних аудиторіях (з 9282 до 8651) та спортивних залах (з 300 до 290) зменшилось навантаження.

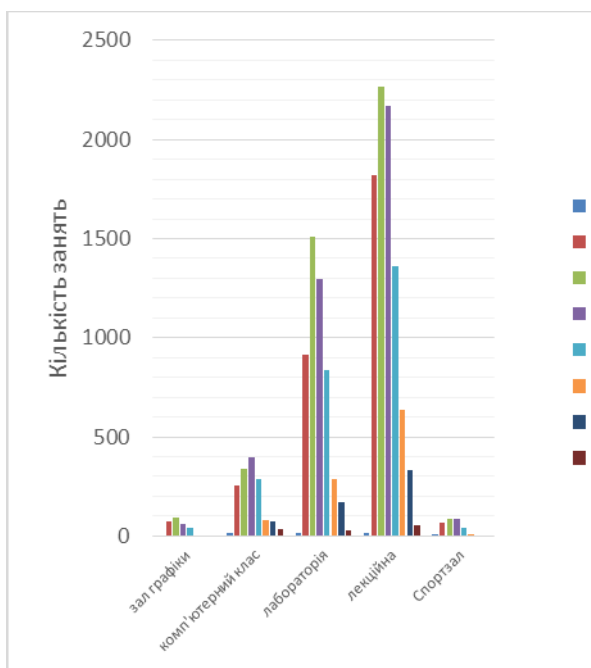


Рис. 2. Сумарне завантаження аудиторій різних типів по парам занять

Пояснюються ці досить «дивні» результати тим, що заняття не просто переносились з корпусу в корпус, а ще й додатково виконувалася оптимізація розкладу. Наприклад заняття з фізичної культури переносились не тільки на вільні 4-5-6 у пари, а і «підселювались» групи до занять на 1-3-х парах. У спортивному залі першого корпусу одночасно проводять заняття до семи груп. Корпуси, що виводились з розкладу (варіант розкладу 2) працювали в вересні і жовтні (варіант розкладу 1) тому заняття на кафедрах планувалися по змісту и видам занять таким чином, щоб критичні заняття в унікальних лабораторіях були проведені на початку семестру. Лекції частково (в основному для одної групи) перепланувалися в нелекційні аудиторії відповідної місткості з метою вивільнення лекційних аудиторій для потоків. В цілому, за рахунок комплексного вирішення проблеми переносу занять, на якості проведення занять другий варіант розкладу деструктивної дії не мав.

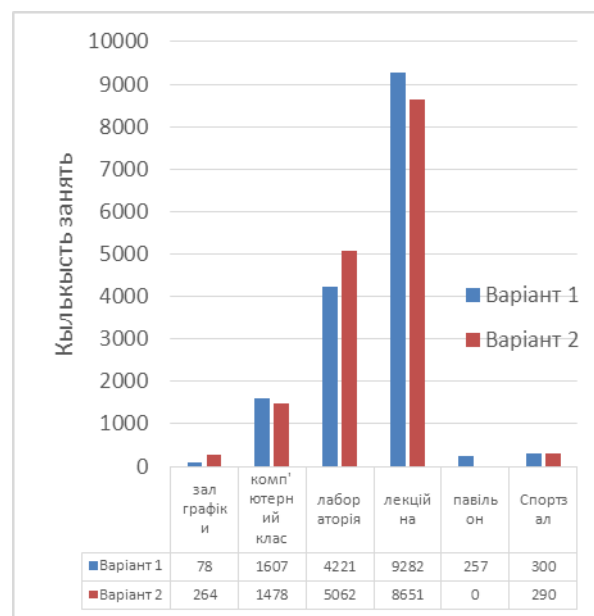


Рис. 3. Сумарне завантаження аудиторій для двох варіантів розкладу

Наявність занять на нульовій та сьомій парах, в першу чергу, пояснюється намаганням диспетчерів задовольнити якомога більшу кількість вимог викладачів до розкладу та дефіцитом комп'ютерних класів у корпусі №1. Точніше кажучи, не дефіцитом власне класів обладнаних комп'ютерами, а класів з комп'ютерами з встановленим необхідним ліцензійним програмним забезпеченням. Хоча у цьому корпусі є найбільша кількість комп'ютерних класів і багато спеціалізованих лабораторій і кафедральних приміщень які не задіяні у аудиторних заняттях (методичні кабінети, наукові лабораторії, викладацькі) обладнані в кожному по декілька комп'ютерів, дефіцит комп'ютерних класів зберігається, тому що в першому корпусі сконцентровані факультети – найбільші «споживачі» комп'ютерів – факультет інформаційних технологій, електротехнічний, механіко-машинобудівний та геолого-екологічний факультети.



Ці факультети використовують комп'ютери для програмування, розрахунків та САПРів. Дефіцитність лабораторій у корпусах №№ 1 та 14 пояснюється їх унікальністю та високої вартості встановленого обладнання (що не дозволяє обладнати більшу кількість лабораторій).

На рис. 4 наведено сумарне завантаження аудиторій різних типів по парам занять для двох варіантів, а на рис 5 для варіанту 1. Найбільше завантаження аудиторного фонду що по першому, що по другому варіантам розкладу на другій та третій парах. Тобто в цілому, заняття проводяться, і в екстремальному варіанті також, за перші три пари, які є найбільш сприятливими для навчання. Так в першому варіанті розкладу на першій парі 20% занять, на другій 27% та на третій парі 25% (див.).

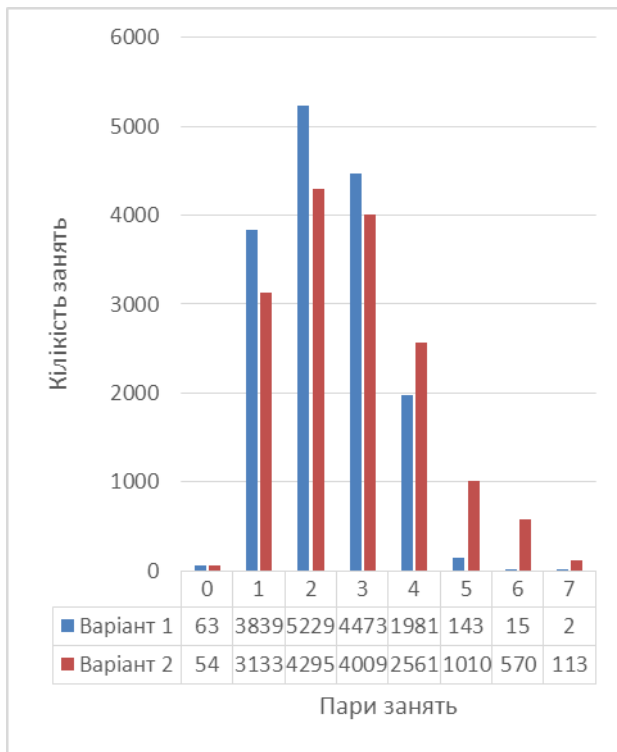


Рис. 4. Розподілення занять по парам

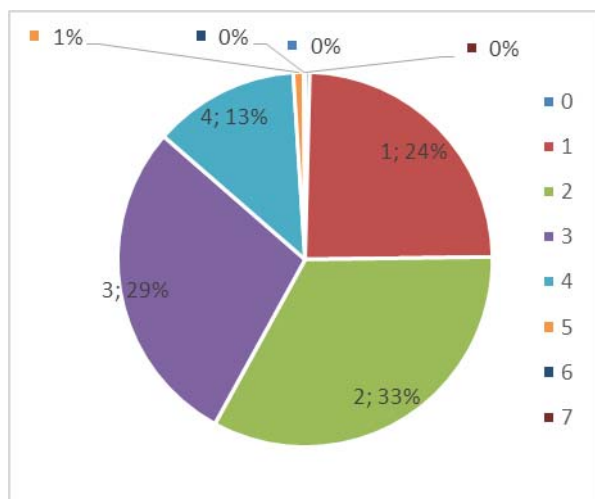


Рис. 5. Розподілення занять по парам для варіанту 1

*Оцінка ступеню врахування побажань викладачів.*

В табл. 5 зведено сумарно побажання викладачів до часу проведення занять, вільного дня (дня в який небажано планувати заняття), обов'язкового дня (день, коли бажано планувати заняття) та відповідну кількість задовільнених побажань у розкладі за обома варіантами. Побажання на час проведення занять подали 536 викладачів, побажання на кількість зайнятих днів і кількість занять у день подали 418 викладачів. Ступінь виконання у розкладі побажань викладачів наведено на рис. 6.

Рівень врахування побажань викладачів до розкладу занять досить великий – від 79,6% для обов'язкового дня у другому варіанті розкладу до 98,4% для небажаного заняття у першому варіанті (див. рис. 6).

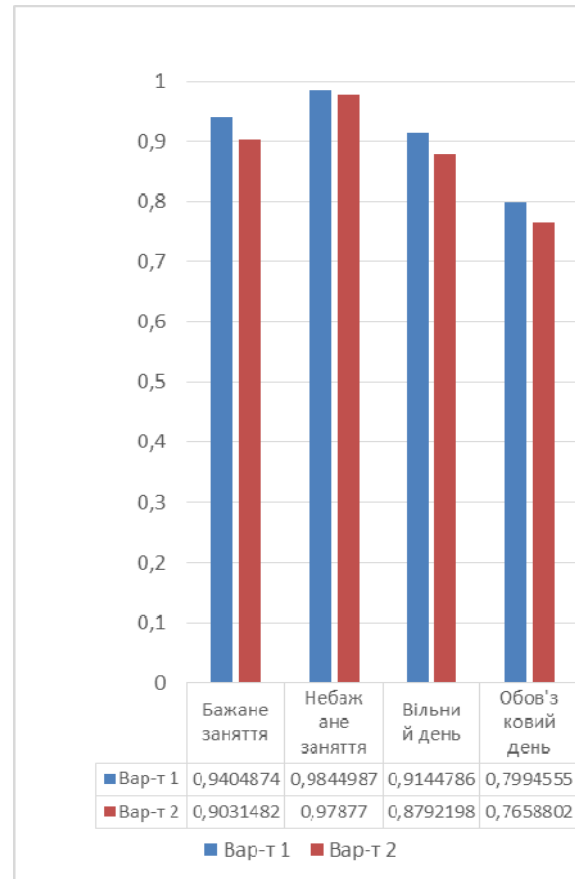


Рис. 6. Ступінь виконання у розкладі побажань викладачів

У розкладі занять студентів «вікон» немає – це було одним з жорстких обмежень для розкладу. У розкладі занять викладачів та аудиторного фонду «вікна» наявні (див. рис. 7).

В першому варіанті розкладу 508 викладачів (76,26%) з 723, а в другому варіанті 475 викладачів (65,70%) взагалі не мають «вікон», по одному «вікну» за два навчальні тижні мають відповідно 121 (16,74%) та 132 (18,26%) викладачів, по 2 «вікна» мають відповідно 62 (8,58%) та 75 (10,37%) викладачів. Від 3-х до 7-и «вікон» мають взагалі менше двох

Таблиця 5

Побажання викладачів щодо часу проведення занять													
Пара	Бажане заняття			Небажане заняття			Вільний день			Обов'язковий день			
	План	Вар-т 1	Вар-т 2	План	Вар-т 1	Вар-т 2	План	Вар-т 1	Вар-т 2	План	Вар-т 1	Вар-т 2	
Понеділок	0	0	0	530	530	527	345	338	340	107	102	100	
	1	305	286	265	248	232							230
	2	584	536	512	52	41							37
	3	415	380	384	63	45							41
	4	198	160	174	105	87							82
	5	95	35	46	203	189							184
	6	0	0	0	520	520							514
	7	0	0	0	521	521							515
Вівторок	0	0	0	516	514	514	212	192	178	204	186	188	
	1	408	376	341	362	351							357
	2	618	584	580	41	39							38
	3	508	492	487	50	44							41
	4	234	228	230	142	126							122
	5	68	43	52	304	298							297
	6	0	0	0	504	503							502
	7	0	0	0	510	510							510
Середа	0	5	5	5	519	519	248	231	214	359	228	224	
	1	420	400	387	358	350							347
	2	542	481	320	24	21							20
	3	487	402	385	64	62							63
	4	241	208	224	146	141							140
	5	59	42	48	205	200							197
	6	0	0	0	520	520							520
	7	0	0	0	518	518							518
Четвер	0	0	0	532	530	530	126	101	98	247	203	167	
	1	692	690	687	286	282							280
	2	651	650	742	21	18							19
	3	492	480	476	25	23							22
	4	257	221	240	208	200							194
	5	51	41	44	249	244							240
	6	0	0	0	524	520							521
	7	0	0	0	528	528							528
П'ятниця	0	0	0	536	536	535	402	357	342	185	162	165	
	1	524	712	518	249	246							247
	2	756	657	624	31	28							26
	3	604	574	542	34	33							32
	4	305	274	284	241	240							237
	5	42	35	38	325	321							318
	6	0	0	0	526	526							524
	7	0	0	0	530	530							530
<b>Взагалі</b>	<b>9561</b>	<b>8992</b>	<b>8635</b>	<b>11870</b>	<b>11686</b>	<b>11618</b>	<b>1333</b>	<b>1219</b>	<b>1172</b>	<b>1102</b>	<b>881</b>	<b>844</b>	

відсотків викладачів. С точки зору кількості «вікон» у розкладах викладачів розклад занять визнано добрим в обох варіантах. Перший варіант на 4,56% кращий ніж другий варіант, оскільки для його складання були доступними на 133 аудиторії більше.

В першому варіанті розкладу було задіяно 386 аудиторій, а в другому варіанті 252 аудиторії (див. табл. 6), що складає відповідно 40,79 та 62,48 занять на аудиторію при загальній кількості занять в семестрі 15745.

Очевидно, що по ступеню завантаження аудиторного фонду другий варіант краще, а по наявності «вікон», тобто щільності завантаження аудиторного фонду краще перший варіант (на 6,2 %).

Таким чином, наведені показники говорять про досить високий рівень якості проаналізованого розкладу. Наявність двох варіантів розкладу занять дозволила дослідити вплив на якість розкладу такого важливого ресурсу як об'єм аудиторного фонду.

Однією з безумовних вимог до розкладу була заборона для студентів переїзду між корпусами протягом навчального дня. Допускається лише перехід між корпусами, що розташовані поруч – такі корпуси диспетчери називають «дружніми» і планують в них заняття як в один корпус.

Для викладачів допускається переїзд між корпусами якщо між заняттями в таких корпусах не менше ніж одна вільна пара. Такі випадки в розкладі занять



викладачів є в наявності. В першому варіанті 5 викладачів переїзять за два тижні загалом одинадцять раз, а в другому варіанті 3 викладачі переїзять до інших корпусів по одному разу.

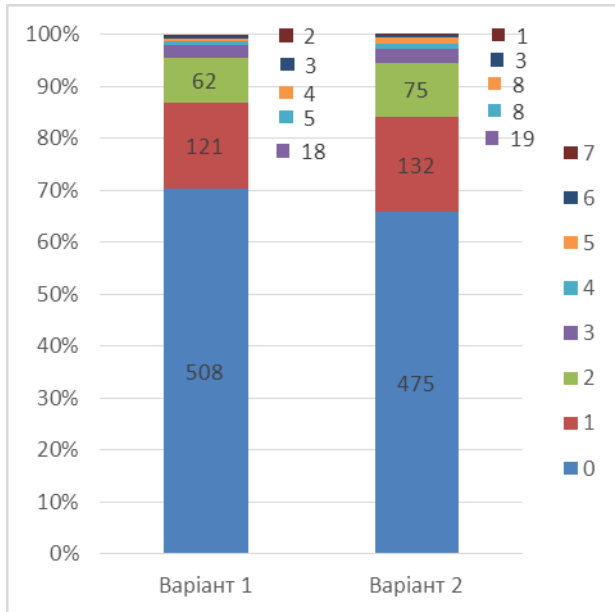


Рис. 7. Кількість викладачів, що мають «вікна» у розкладі занять

Таблиця 6  
Кількість аудиторій в яких є «вікна» у розкладі занять

Кількість «вікон»	Варіант 1		Варіант 2	
	Кількість	%	Кількість	%
0	197	51,04	113	44,84
1	106	27,46	61	24,21
2	45	11,66	43	17,06
3	23	5,96	14	5,56
4	10	2,59	9	3,57
5	3	0,78	9	3,57
6	2	0,52	3	1,19
Взагалі	386		252	

**4. Висновки.** Запропоновано критерії оцінки показників якості розкладу занять, який формується автоматизованою системою. Отримані оцінки на прикладі двох варіантів розкладу осіннього семестру 2014/2015 навчального року дозволяють зробити висновок про його високу якість. Проаналізовано залежність оцінок показників якості від обсягу аудиторного фонду. Отримані результати дозволяють зробити висновок про можливість поліпшення якості розкладу при збільшенні аудиторного фонду. В той же час цей шлях не дає повного рішення, що пояснюється жорсткістю побажань викладачів.

**Література**

1. Луценко Е.В. Рефлексивная автоматизированная система управления качеством подготовки специалистов / Луценко Е.В., Коржаков В.Е. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. №4. С.28-36.

2. Савельев А.Я. Автоматизация управления вузом. / А.Я. Савельев, Ю.Б. Зубарев В.Е. Коваленко, Т.А. Колоскова — М.: Радио и связь, 1984.

3. Галузин К.С. Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений. // Автореф. дисс. канд. физ. мат. наук: спец. 05.13.18 "" / К.С. Галузин. - Пермь: Перм, гос.техн. ун-т - 2004.

4. Ерунов В.П. Формирование оптимального расписания учебных занятий в вузе / Ерунов В.П., Морковин И.И. // Вестник Оренбургского государственного университета: сб. науч. трудов. – Оренбург. – 2001. № 3. С. 55-63.

5. Бурнасов П.В. Критерии оптимальности задачи складания расклада занятий в системе управления ресурсами як підсистеми АСУ ВИШУ / П.В. Бурнасов // Гірничий вісник. - 2014. - Вип. 98. - С. 109-115. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi\\_2014\\_98\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2014_98_28).

6. Моркун В.С. Разработка системы управления ресурсами вушу при складанні розкладу занять / В.С. Моркун, П.В. Бурнасов // Гірничий вісник : науково-технічний збірник. - Вип. 99.-Кривий Ріг: ДВНЗ "КНУ"., 2015.- с. 159-164.

7. Morkun V.S. The management of the resources educational institution / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №4. – P. 56-61. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/12.2014.pdf>

8. Клеванский Н.Н. Разработка математической модели глобальной оптимизации расписания занятий / Клеванский Н.Н., Костин С.А., Пузанов А.А.// Сложные системы. Анализ, моделирование, управление - Саратов: ООО Издательство "Научная книга", 2005. - С.39-42.

9. Касьянов В.Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. - Санкт-Петербург: "БХВ-Петербург", 2003. - 1086с.

10. Липский В. Комбинаторика для программистов / Липский В. // Пер. с польск. - М.: Мир, 1988. - 213 с.

11. Жданова Е.Г. Теория расписаний / Е.Г Жданова - М.: МГУ, 1999. — С. 11-16.

12. Бурнасов П.В. Критерии качества автоматического складания расклада занятий у ВНЗ / П.В. Бурнасов // Вісник Криворізького технічного університету. : зб. наук. праць. - Кривий Ріг. – 2008. - Вип. 22. – С. 136-140.

13. Карпов Л.Е. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин. // ИСП РАН, препринт. – 2006. – №18.

**References**

1. Lucenko E.V. Refleksivnaja avtomatizirovannaja si-stema upravlenija kachestvom podgotovki specialistov / Lucenko E.V., Korzhakov V.E. // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 4: Estestvennomatematicheskie i tehnicheckie nauki. 2007. №4. S.28-36.

2. Savel'ev A.Ja. Avtomatizacija upravlenija vuzom. / A.Ja. Savel'ev, Ju.B. Zubarev B.E. Kovalenko, Koloskova — M.: Radio i svjaz', 1984.

3. Galuzin K.S. Matematicheskaja model' optimal'nogo uchebnogo raspisanija s uchetom nechetkih predpochtenij.

- // Avtoref. diss. kand. fiz. mat. nauk: spec. 05.13.18 "" / K.S. Galuzin. - Perm': Perm, gos.tehn. un-t - 2004.
4. Erunov V.P. Formirovanie optimal'nogo raspisanija uchebnyh zanjatij v vuze / Erunov V.P., Morkovin I.I. // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universi-teta: sb. nauch. trudov. – Orenburg. – 2001. № 3. S. 55-63.
  5. Burnasov P.V. Kryterii' optymal'nosti zadachi skladan-nja rozkladu zanjat' v systemi upravlinnja resursamy jak pidsystemy ASU VYShU / P.V. Burnasov // Girnychij visnyk. - 2014. - Vyp. 98. - S. 109-115. - Rezhym dostu-pu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi\\_2014\\_98\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2014_98_28).
  6. Morkun V.S. Rozrobka systemy upravlinnja resursamy vyshu pry skladanni rozkladu zanjat' / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Girnychij visnyk : naukovo-tehnichnyj zbirnyk. - Vyp. 99.-Kryvyj Rig: DVNZ "KNU"., 2015.-с. 159-164.
  7. Morkun V.S. The management of the resources educational institution / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №4. – P. 56-61. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.metalljournal.com.ua/assets/Journal/12.2014.pdf>
  8. Klevanskij N.N. Razrabotka matematicheskoj modeli global'noj optimizacii raspisanija zanjatij / Klevan-skij N.N., Kostin S.A., Puzanov A.A.// Slozhnye si-stemy. Analiz, modelirovanie, upravlenie - Saratov: OOO Izdatel'stvo "Nauchnaja kniga", 2005. - S.39-42.
  9. Kas'janov V.N. Grafy v programmirovanii: obrabot-ka, vizualizacija i primenenie. / V.N. Kas'janov, V.A. Evstigneev. - Sankt- Peterburg: "BHV-Peterburg", 2003. - 1086s.
  10. Lipskij V. Kombinatorika dlja programmistov / Lip-skij V. // Per. s pol'sk. - M.: Mir, 1988. - 213 s.
  11. Zhdanova E.G. Teorija raspisanij / E.G Zhdanova - M.: MGU, 1999. – S. 11-16.
  12. Burnasov P.V. Kryterii' jakosti avtomatychnogo skladan-nja rozkladu zanjat' u VNZ / P.V. Burnasov // Visnyk Kryvoriz'kogo tehničnogo universytetu. : zb. nauk. prac'. - Kryvyj Rig. – 2008. - Vyp. 22. – S. 136-140.
  13. Karpov L.E. Metody dobychi dannyh pri postroenii loka-l'noj metriki v sistemah vyvoda po precedentam / L.E. Karpov, V.N. Judin. // ISP RAN, preprint. – 2006. – №18.

**Моркун В.С., Бурнасов П.В. Методы определения качества расписания занятий ВУЗа**

*Для определения качества расписания занятий ВУЗа с точки зрения субъектов учебного процесса, разработана методика оценки на основе методов нечеткого регрессионного анализа, а для контроля качественных показателей в процессе составления расписания разработана интегральная оценка качества. Для автоматического*

*определения нежестких требований к расписанию, от степени выполнения которых зависит уровень удовлетворенности расписанием занятий со стороны субъектов учебного процесса, разработаны принципы их формирования на основе расписаний предыдущих периодов с использованием модифицированного метода ближайшего соседа для определения прецедентов из интегрированной базы расписаний. Получены оценки качества расписания занятий на примере двух вариантов расписания с разным количеством доступных аудиторий. Проанализирована зависимость оценок показателей качества от объема аудиторного фонда.*

**Ключевые слова:** расписание занятий, критерии качества расписания, метод ближайшего соседа, множественное число прецедентов

**Morkun V.S., Burnasov P.V. Methods of quality of timetable scheduling determination at higher educational institutions**

*To determine the quality of the teaching schedule of the University from the point of view of subjects of educational process, there was developed a methodology for estimating on the basis of methods of fuzzy regression analysis and for monitoring quality indicators in the process of scheduling there was elaborated an integrated quality assessment. To automatically detect non-rigid schedule requirements, the degree of which depends on the level of satisfaction with the class schedule on the part of subjects of educational process there was worked out principles of their formation on the basis of the schedules of previous periods with the use of a modified nearest neighbor method to define the base case-integrated schedules. The estimations of the quality of class schedules by the example of two schedule options with different number of available classrooms were obtained. The dependence of estimates of quality indices of the volume of the auditorium fund was analyzed*

**Keywords:** schedule, schedule quality criteria, nearest neighbor method, set of precedents.

**Моркун Володимир Станіславович** – д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи ДВНЗ «Криворізький національний університет», [morkun@mail.ua](mailto:morkun@mail.ua)  
**Бурнасов Павло Вікторович** – старший викладач кафедри інформатика, автоматика і систем управління ДВНЗ «Криворізький національний університет», [burnasov@live.com](mailto:burnasov@live.com)

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецька-Білецька Н.Б.**

Стаття подана 09.03.2016