

УДК 519.68

**Рафальська Олена Олександрівна**Старший викладач кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0003-0266-9228](https://orcid.org/0000-0003-0266-9228)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**АЛГОРИТМИ ФОРМУВАННЯ БАЗОВОЇ ТАКСОНОМІЇ ДИСЦИПЛІН**

***Анотація.** У статті описано алгоритми формування базової таксономії дисциплін при організації розгалуженого навчання. Вирішенням такої задачі є формування ієрархічного дерева дисциплін, пов'язаних між собою відношенням «послідовність отримання знань», що не залежить від часових та інших обмежень. Формування базової таксономії виконується на множині дисциплін навчального плану. В ній розв'язуються певні підзадачі. У статті також наведено етапи розрахунку базових модулів дисципліни і побудови графа міжпредметних зв'язків; алгоритм оптимізації графа міжпредметних зв'язків та формування рівнів базової таксономії при організації розгалуженого навчання. Індивідуалізація навчальної діяльності студентів за рахунок розгалуженої організації навчального процесу дає можливість забезпечити підготовку висококваліфікованих спеціалістів.*

***Ключові слова:** базова таксономія; граф; міжпредметні зв'язки; індивідуальна траєкторія навчання; навчальний процес*

**Постановка проблеми**

Актуальними для науки та практичного застосування в галузі освіти є дослідження в галузі розроблення інформаційних технологій та створення систем управління навчальним закладом з розгалуженою організацією навчання. Огляд наявних систем управління навчальним процесом та аналіз їх функціональних можливостей проведено в роботі [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Сьогодні стоять нові завдання перед вищими навчальними закладами – необхідна перебудова та вдосконалення процесу навчання, в тому числі і за рахунок впровадження інформаційних систем і технологій [2]. Значний внесок у розроблення та дослідження підходів, методів, моделей та засобів управління навчальним процесом зробили вчені, праці яких належать до різних галузей науки: А.І. Башмаков (методологія розроблення комп'ютерних підручників та навчальних систем), О.М. Довгялло, Е.С. Полат (використання комп'ютерних телекомунікацій в освіті), Т.І. Коджа, П.І. Федорук (моделі та алгоритми тестування знань); А.А. Андреев, В.М. Кухаренко, Б.І. Шуневич (дослідження проблем проектування та організації дистанційного навчального процесу) та ін. [3]. Проблеми використання інформаційних технологій в освіті присвячені праці В.Ю. Бикова, М.І. Жалдака, С.А. Ракова, В.М. Кухаренко, А.М. Гуржія, Ю.О. Жука та ін. Також дослідженням даної теми

займались вчені А.О. Білощицький, І.Б. Трегубенко, С.В. Білощицька, О.В. Федусенко [4; 5; 6; 7].

**Мета статті**

Для ефективного управління навчальним закладом, в якому передбачені різні форми навчання, доцільно створити систему управління навчальним закладом, яка дозволить індивідуалізувати навчальну діяльність студентів за рахунок розгалуженої організації навчального процесу.

Для того щоб індивідуальна траєкторія навчання студента відповідала логічній послідовності вивчення дисциплін, потрібно вирішувати задачу формування первинного розподілу дисциплін без врахування інших обмежень.

**Виклад основного матеріалу дослідження**

В результаті розв'язку окресленої задачі формується ієрархічне дерево дисциплін, пов'язаних між собою відношенням «послідовність отримання знань», незалежних від часових та інших обмежень, яке назвемо *базовою таксономією дисциплін траєкторії навчання студента*.

**Таксономія** – групування речей або принципів, що лежать в основі цього групування.

*Побудова таксономії траєкторії навчання* – це систематизація дисциплін за деякою властивістю. Властивість, за якою проводиться систематизація дисциплін – це послідовність отримання знань з дисциплін, по чергово переходячи від однієї до другої.

Таким чином, для побудови таксономії траєкторії навчання необхідно на множині дисциплін сформувавши бінарне відношення, яке є «базовою таксономією», тобто одна з дисциплін у парі є базовою для другої.

**Базова таксономія** – ієрархічне дерево дисциплін, що зв'язані між собою відношенням «є базовою», незалежною від інших обмежень.

Формування базової таксономії виконується на множині дисциплін навчального плану. В ній вирішуються такі підзадачі:

– формування міжпредметних зв'язків і побудова орієнтованого графа міжпредметних зв'язків;

– оптимізація графа міжпредметних зв'язків та формування базової таксономії – структури, в якій виділені окремі таксони (класи) дисциплін, що мають деякі спільні властивості. Граф міжпредметних зв'язків розбивається на таксони за властивістю «послідовність отримання знань».

Особливістю задачі формування міжпредметних зв'язків є неповна інформація про міжпредметні зв'язки і закономірності їх побудови. При розв'язуванні задачі оптимізації графа міжпредметних зв'язків відбувається перетворення графа, який, можливо, має цикли, а також видалення зайвих дуг. Вирішення цієї задачі реалізується методом видалення контурів графа та неіснуючих зв'язків.

*Розглянемо метод формування міжпредметних зв'язків та побудову графа міжпредметних зв'язків дисциплін при організації розгалуженого навчання.* Вихідними даними задачі формування базової таксономії є множина дисциплін:

$$D = \{d_i\}, i = \overline{1, n} \quad (1)$$

навчального плану спеціальності  $n_i$ . Кожна дисципліна має ряд властивостей:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\} \quad (2)$$

де  $x_1$  – назва дисципліни – С;  $x_2$  – цикл;  $x_3$  – кількість годин;  $x_4$  – тезаурус модулів дисципліни;  $x_5$  – множина базових модулів, що необхідна для вивчення дисципліни.

У множині  $X$  (2) відомі значення  $x_1 - x_3$ ; значення  $x_4$  не має формального опису, а  $x_5$  – не визначено.

*Наведемо формальний опис «тезаурусів модулів дисциплін» при організації розгалуженого навчання.*

Зміст дисципліни визначається тезаурусом її модулів. Викладач формує навчальний матеріал дисципліни у вигляді множини її модулів  $P$  з робочої програми дисципліни. Множина  $P_i$  (де

$i=1, \dots, n$ ;  $n$  – кількість дисциплін навчального плану;  $i$  – індекс, що визначає дисципліну) і є **тезаурус модулів дисципліни**. Таким чином визначається  $x_4$ .

*Наведемо розрахунок базових модулів дисципліни при організації розгалуженого навчання.*

**Базовий модуль** – це модуль, який вивчається в іншій дисципліні і необхідний для вивчення даної дисципліни.

Для формування множини базових модулів  $B_i$  дисципліни  $d_i \in D$ , заданих на декартовому добутку  $P_i \times P_j$ , де  $i, j = 1, \dots, n, i \neq j$  відношення  $G$  – «послідовність отримання знань». Множина базових модулів  $B_{ij}$  дисципліни  $d_j$ , що необхідні для вивчення дисципліни  $d_i$ , формується таким чином:

$$B_{ij} = \{bt \mid bt = p_{jk}, (p_{il}, p_{jk}) \in G\} \\ j = 1, \dots, n; i \neq j, k = 1, \dots, m_j; l = 1, \dots, m_i \quad (3)$$

де  $m_i = |P_i|$ ;  $m_j = |P_j|$ .

Тоді **множина базових модулів**  $B_i$  дисципліни  $d_i$  розраховується таким чином:

$$B_i = \bigcup_j B_{ij} \quad (4)$$

*Побудови графа міжпредметних зв'язків при організації розгалуженого навчання.*

На даному етапі будемо орієнтований зважений граф  $G(D, U)$ , в якому множина вершин графа є множиною дисциплін  $D$ , а множина дуг, що з'єднують вершини графа, – множиною міжпредметних зв'язків  $U$ . Дуга  $u_{ij}$  існує, якщо  $P_i \cap P_j \neq \emptyset, i, j = 1, \dots, n; i \neq j$ . Кожна дуга характеризується вагою, яка визначається наступним чином:  $a_{ij}$  – вага дуги  $u_{ij}$ ,  $a_{ij} = |P_i \cap P_j|$ . Чим більше значення  $a_{ij}$ , тим сильніший зв'язок між дисциплінами  $d_i$  і  $d_j$ .

**Зважений граф** – це граф, кожному ребру якого поставлене у відповідність невід'ємне дійсне число, що називається вагою ребра.

Даний метод є механізмом визначення міжпредметних зв'язків дисциплін, враховуючи їх силу зв'язків.

*Метод оптимізації графа міжпредметних зв'язків при організації розгалуженого навчання.*

Властивістю графа міжпредметних зв'язків є наявність великої кількості дуг, які зв'язують вершини графа, що може викликати труднощі в побудові індивідуальної траєкторії навчання. Для зменшення розмірності графа міжпредметних зв'язків використовуються такі методи: метод

виявлення та усунення контурів; метод видалення несуттєвих або еквівалентних шляхів; метод видалення зв'язків, що перехрещують шари графа. Дані методи описані автором [8].

*Виявлення та усунення контурів.* Наведемо кілька визначень [9]:

Маршрут (шлях) – це така послідовність ребер  $(l_1, l_2, \dots, l_n)$ , що кожен два сусідніх ребра  $l_{i-1}$  і  $l_i$  інцидентні одній вершині (суміжні).

Вершина  $V_0$  інцидентна ребру  $l_1$ , називається початком маршруту, а вершина  $V_n$ , інцидентна ребру  $l_n$  називається кінцем шляху.

Якщо  $V_0 = V_n$ , де  $V_0$  – початок шляху, а  $V_n$  – кінець шляху, то шлях називається циклічним або контуром.

*Можливі два випадки утворення контурів:*

1. Наявність перехресних зв'язків між дисциплінами. Наприклад, в результаті порушення логіки взаємозв'язків між дисциплінами: для початку вивчення однієї дисципліни потрібно вивчення іншої, і навпаки.

2. Необхідність паралельного вивчення дисциплін з перемінною передачею інформації з одної дисципліни до іншої.

У процесі аналізу графа міжпредметних зв'язків  $(D, U)$  необхідно виявити контури, що повинні бути надані особам, які приймають рішення (ОПР) для їх розриву. У першому випадку ОПР має переглянути зміст дисципліни і ліквідувати суперечливі вимоги шляхом перерозподілу навчального матеріалу або об'єднання дисциплін, що входять в цикл. При виникненні другої ситуації необхідно провести детальний аналіз та виявити можливість паралельного вивчення дисциплін або ж обґрунтувати необхідність розриву у вивченні того чи іншого курсу.

*Послідовність процесу виявлення контурів базується на методі пошуку в глибину:*

1. Формується множина вершин контура  $R = \{r\}$ , де  $r$  – вершина, що входить в контур.

2. Додати у множину  $R$  вершину  $\{k \mid (i, k) \neq 0 \text{ і } k \notin R\}$ .

3. Якщо вершина  $k \in R$ , то існує цикл і далі п. 4, інакше п. 5.

4. Рухатися у зворотньому напрямку, знайти вершину, що входить в цикл, і обнулити зв'язок  $[j, k]$ , де  $j$  – остання вершина, суміжна  $k$ .

5. Якщо є суміжні вершини вершині  $K$ , то повторити п. 2, інакше обнулити елемент матриці  $[j, k]$ , де  $j$  – остання вершина, суміжна  $k$ .

6. Повторити для всіх вершин з п. 1.

*Метод визначення несуттєвих зв'язків*

Нехай:  $\Pi$  – це множина модулів, що входять в  $V_j$  і  $B_k$ , і успадковуються від  $i$ -тої дисципліни;

$P_i$  – множина модулів  $i$ -тої дисципліни;  $B_j$  – базові модулі  $j$ -тої дисципліни;  $B_k$  – базові модулі  $k$ -тої дисципліни.

Тоді  $\Pi = P_i \cap B_j \cap B_k$ .

Можливі одні з варіантів значення  $\Pi$ :

1)  $\Pi = \emptyset$  – не можна виділяти дугу  $(di, dk)$  – зв'язок є суттєвим;

2)  $\Pi \neq \emptyset$ . В цьому випадку необхідно скорегувати значення ваги  $(di, dk)$  наступним чином  $a'ik = aik - |\Pi|$

Наведемо визначення з урахуванням ваги міжпредметних зв'язків.

*Зв'язок  $(i, k)$  називається несуттєвим* в тому випадку, якщо  $(B_k \cap P_i) \subset (B_j \cap P_i)$ , тобто, всі модулі, які зв'язують дисципліни  $i$  і  $k$ , включені в множину модулів, що зв'язують дисципліни  $i$  і  $j$ .

*Менш суттєвим* називається зв'язок  $(i, k)$ , коли множина модулів, що зв'язують дисципліни  $i$  та  $k$ , частково включені в множину, що зв'язують дисципліни  $i$  та  $j$ .

*Суттєвим зв'язком* називається такий зв'язок  $(i, k)$ , в якій  $(B_k \cap P_i) \cap (B_j \cap P_i) = \emptyset$ , тобто множина модулів, що зв'язують дисципліни  $i$  та  $k$ , не включені в множину модулів, що зв'язують дисципліни  $i$  та  $k$ .

Несуттєві зв'язки в еквівалентних шляхах потрібно видаляти, менш суттєві зв'язки не бажано видаляти, суттєві зв'язки не можна видаляти.

Еквівалентними називаються зв'язки між двома вершинами, які мають різні шляхи [10].

*Алгоритм виявлення еквівалентних зв'язків:*

1. Список  $A$  пустий;

2. Знайти пару  $(i, j) \neq 0$  і сформувати список  $A = \{k \mid (i, k) \neq 0 \text{ і } k \neq j\}$ ;

3. Перевірити наявність вершин  $j$  у списку  $A$ . Якщо вана є, то знайдені еквівалентні зв'язки, інакше п. 4.

4. Якщо список пустий, то повторити п.1 для наступної пари  $(i, j)$ ;

5. Виділити зі списку перший елемент  $k$ . Додати в кінець списку елемент  $\{l \mid (k, l) \neq 0 \text{ і } l \notin A\}$ . Далі п. 3.

6. Виконати корегування ваги дуги  $(i, j)$  за формулою  $a'ik = aik - |\Pi|$ .

*Метод формування рівнів базової таксономії при організації розгалуженого навчання.* Базова таксономія характеризує «прив'язку» всіх дисциплін відношенням «послідовність отримання знань». Від правильності побудови базової таксономії залежить якість побудови індивідуальної траєкторії навчання, тому що основною вимогою до його побудови є послідовність, логічність навчання. Ця вимога передбачає, що вивчення базової дисципліни має передувати вивченню тих дисциплін, що спираються на неї.

Побудова базової таксономії дозволяє формувати варіанти індивідуальної траєкторії навчання з урахуванням цих вимог.

Алгоритм формування рівнів базової таксономії:

1. Виявити дисципліну, в якій немає базової дисципліни.

2. В наступний рівень включаються дисципліни, в якій всі базові дисципліни розподілені на попередніх рівнях.

## Висновки

Маючи список дисциплін та їх базову таксономію, в якій всі дисципліни упорядковані у відношенні «послідовність знань», розв'язуємо задачу побудови індивідуального графіку навчання студента.

Індивідуалізація навчальної діяльності студентів за рахунок розгалуженої організації навчального процесу дає можливість забезпечити підготовку висококваліфікованих спеціалістів [11].

## Список літератури

1. Федусенко О.В., Рафальська О.О. Системи управління навчальним процесом студентів з розгалуженою організацією дистанційного навчання у вищому навчальному закладі// *Управління розвитком складних систем.* – 2013. – Вип. 13. – С. 162 – 165.
2. Биков В.Ю. Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології: Колективна монографія /В.Ю.Биков, Гриценчук О.О., Жук Ю.І. та ін. /– К.: Атака, 2005. – 252 с.
3. Антоник М.С. Інформаційна технологія побудови автоматизованої системи управління навчальним процесом. дис. к. техн. наук: 05.13.06. – Львів, 2005.
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mydisser.com/en/catalog/view/238/827/14209.html>.
5. Трегубенко І.Б. Методи та моделі оптимізації системи управління навчальним процесом в вищих навчальних закладах освіти: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06/ЧДТУ. – Черкаси, 2007. – 23с.
6. Білощицька С.В. Інформаційна технологія планування та моніторингу обсягів навчальної роботи у вищих навчальних закладах Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / КНУБА. – Київ, 2009. – 20 с.
7. Федусенко О.В., Рафальська О.О. Розробка загальної концептуальної моделі дистанційного розгалуженого курсу// *Управління розвитком складних систем.* – 2011. – Вип. 8. С. – 92 – 95.
8. Найханова Л.В., Дамбаева С.В. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процессом в условиях неопределенности. Издательство ВСГТУ. Улан-Удэ, 2004. – С.91-94.
9. Овчинников А.А., Пучинский В.С., Петров Г.Ф. Сетевые методы планирования и организации учебного процесса. – М., 1972. – 157 с.
10. Никитин А.В. Вопросы оптимального составления учебных планов и программ: Дис...канд.тех.наук., М., 1969. – 179 с.
11. Рафальська О.О. Модель багатосценарної організації навчального процесу у вищих навчальних закладах // *Управління розвитком складних систем.* – 2014. – Вип.17. – С. 144 –147.

Стаття надійшла до редколегії 28.10.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.О. Білощицький, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

**Рафальская Елена Александровна**

Старший преподаватель кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0003-0266-9228](http://orcid.org/0000-0003-0266-9228)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

## АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗОВОЙ ТАКСОНОМИИ ДИСЦИПЛИН

**Аннотация.** В статье описаны алгоритмы формирования базовой таксономии дисциплин при организации разветвленного обучения. Решением такой задачи является формирование иерархического дерева дисциплин, связанных между собой отношением «последовательность получения знаний», не зависящее от временных и других ограничений. Формирование базовой таксономии выполняется на множестве дисциплин учебного плана. В ней решаются определенные подзадачи. В статье также приведены этапы расчета базовых модулей дисциплины и построения графа междисциплинарных связей; алгоритм оптимизации графа междисциплинарных связей и формирования уровней базовой таксономии при организации разветвленного обучения. Индивидуализация учебной деятельности студентов за счет разветвленной организации учебного процесса дает возможность обеспечить подготовку высококвалифицированных специалистов.

**Ключевые слова:** базовая таксономия; граф; междисциплинарные связи; индивидуальная траектория обучения; учебный процесс

**Rafalska Elena**

Senior lecturer of the Department of Information Technology, *orcid.org/0000-0003-0266-9228*  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### THE ALGORITHMS OF BASELINE TAXONOMY FOR DISCIPLINES

**Abstract.** *The article describes the algorithms of baseline taxonomy for disciplines in the organization of branched education. The solution of this problem consists in formation of a hierarchical tree of the disciplines connected among themselves via relations «the sequence of getting knowledge», which do not depend on time and other restrictions. A significant contribution to the development and research approaches, methods, models and tools of learning management did scientists whose work related to various fields of science. Forming the base taxonomy is performed on a variety of subjects of the curriculum. It solved some subtasks. The article also shows the stages of the calculation of basic modules of discipline and construct a graph of interdisciplinary connections; optimization algorithm graph interdisciplinary connections and forming the base taxonomy levels in the organization branched learning. Individualization of educational activity of students by an extensive organization of educational process makes it possible to ensure the training of highly qualified specialists.*

**Keywords:** *basic taxonomy; graph; interdisciplinary communication; individual learning paths; educational process*

#### References

1. Fedusenko, E., Rafalska, E. (2013). Control system by the education al process of students is with the ramified organization of the controlled from distance studies in higher education nal establishment. Management of development of complex systems. Kyiv, Ukraine: KNUCA, 13, 162-165.
2. Bykov, V. (2005). Information support the educational process: innovative tools and technologies: Collective monograph: V.Bykov, O.Gritsenchuk, YU. Beetle she in / – K. : Attack, 2005. – 252.
3. Antonik, M. (2005) Information technology of automated learning management system. Dis. k. tehn. Sciences: 05.13.06. – Lviv. 2005.
4. [Elektronny resource] – <http://mydisser.com/en/catalog/view/238/827/14209.html>.
5. Tregubenko I.B.(2007) Methods and models of optimization of the system of educational management in institutions of higher education: Thesis Ph.D.05.13.06 /. Cherkasy.
6. Biloschytska, S. (2009). Information technology planning and monitoring the volume of academic work in higher education. Thesis Ph.D.05.13.06 05.13.06 / Kyiv, KNUBA.
7. Fedusenko, E., Rafalska, E (2011). Developing a model of remote branched rate. Management of development of complex systems. Kyiv, Ukraine: KNUCA, 8, 92-95.
8. Nayhanova, L., Dambaeva, S. (2004) Methods and algorithms for decision making in the management of educational process in conditions of uncertainty. Ulan-Ude, Russia, 91-94.
9. Ovchinnikov, A., Puchynskyy, V. & Petrov, G. (1972). Network planning methods and organization of educational process. Moscow, Russia, 157.
10. Nikitin, A. (1969). Optimum preparation of curricula and programs: thesis Ph.D, Moscow, 179.
11. Rafalska, E. (2014). Multiscenario model of learning management in higher educational institutions. Management of development of complex systems. Kyiv, Ukraine: KNUCA, 17, 144-17.

#### Посилання на публікацію

- APA Rafalska, E. (2015). The algorithms of baseline taxonomy for disciplines. Management of Development of Complex Systems, 24, 137-141 [in Ukrainian].
- ГОСТ Рафальська О.О. Алгоритми формування базової таксономії дисциплін [Текст] / О.О. Рафальська // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 24. – С. 137-141.