УДК 004.82

Фісун М. Т.,
д-р техн. наук, професор,
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
ntfis@chmnu.edu.ua

КОГНІТИВНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРИ НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ

Запропоновано і створено базу даних навчального плану (БДНП), в якій крім характеристик дисциплін із самого плану, ще й додаються характеристики дисциплін, що містяться в робочих навчальних програм (РНП) дисциплін. Така БДНП дозволяє створити інформаційно-аналітичну систему для завідувача, методиста і викладачів випускової кафедри. Крім того, використовуючи інформацію з РНП про дисципліни, на яких базується ця дисципліна, та опанування яких дисциплін вона забезпечує, створена БДНП дозволяє виконувати своєрідний когнітивний аналіз навчального плану. Розглянуто такі задачі аналізу, як взаємна узгодженість між дисциплін по «входах-виходах» та визначення центральності графа СЛС.

Ключові слова: *навчальний план; структурно-логічна схема; когнітивна карта.*

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами. Навчальні плани вищих навчальних закладів (ВНЗ) розробляються у відповідності до нормативних документів, у тому числі таких галузевих стандартів вищої освіти (ГСВО) «Освітньо-професійна програма» (ОПП) і «Освітньо-кваліфікаційна характеристика» (ОКХ) [1, 2]. Разом з навчальним планом має бути розроблена і структурно-логічна схема (СЛС) начального плану (НП).

Структурно-логічна схема НП представляє собою упорядковану послідовність викладання дисциплін навчального плану, що забезпечує методологічно правильну послідовність викладання дисциплін таким чином, щоб викладання матеріалу певної дисципліни вже було забезпечено засвоєння матеріалу попередньої дисципліни. СЛС НП зазвичай представляють у вигляді орграфа, в якому вершинами є дисципліни, а дугами – зв'язки між дисциплінами. СЛС дозволяє правильно встановити послідовність викладання дисциплін у часі. Але у більшості випадків на цьому і закінчується використання такої схеми, в той час як для аналізу структури навчального плану та якості взаємозв'язків між дисциплінами на базі СЛС можна використати моделі, побудовані на графах, у тому числі когнітивне моделювання. Одним із напрямів застосування когнітивного моделювання є побудова когнітивної карти (КК). Вона призначена для виявлення структури причинних зв'язків між елементами складного об'єкта і оцінки наслідків зовнішніх впливів на елементи і зв'язки між ними. Елементи досліджуваної системи представлені набором вершин графа, зв'язки – множиною спрямованих дуг, яким можуть бути присвоєні знаки, що визначають характер впливу. В цій статті розглядаються питання побудови більш змістовного графа взаємозв'язків дисциплін навчального плану та застосування на його основі операцій на графах з позицій когнітивного аналізу.

Огляд публікацій та аналіз невирішених питань. У більшості сучасних ВНЗ снують інформаційно-управляючі системи, що автоматизують інформаційні процеси управління навчальним процесом. При цьому існують такі, що автоматизують певне обмежене коло задач [3, 4] і такі, що претендують на комплексні, інтегровані інформаційні системи. Аналіз наведених вище т деяких інших публікацій щодо структури і змісту баз даних таких систем показує, що в них відсутні засоби моделювання СЛС НП та їх системного аналізу, тому обрана тема дослідження є *актуальною*.

Метою дослідження є створення бази даних навчального плану, що дозволяє крім інформаційно-аналітичних засобів моделювати СЛС НП ще й виконувати її когнітивний аналіз.

Результати досліджень.

Проектування бази даних. Оскільки крім самої СЛС для аналізу навчального плану нам будуть потрібні деякі характеристики НП, то доцільним вважаємо спроектувати відповідну базу даних На основі аналізу ОКХ, ОПП, навчального плану виділяємо такі сутності:

– цикли дисциплін;
– дисципліни відповідно до освітньо-професійної програми (ОПП);
– знання, які мають отримати студенти з робочої навчальної програми (РНП);
– уміння, якими мають володіти студенти з РНП;
– розділи (модулі) дисципліни з РНП.

Примітка. РНП складається на базі ГСВО ОПП і ОКХ. Діаграму ERD «сутність-зв'язок» [5] бази даних наведено на рис. 1.

Рис. 1. Схема взаємозв'язків сутностей (ERD) бази даних для СЛС

Примітка. Лінії зі стрілочкою наприкінці означають тип зв'язку 1:N, де N на боці стрілочки.

Особливістю наведеної ERD є наявність двох рекурсивних зв'язків сутності «Дисципліни», за одним з яких відображаються «вхідні», а другим – «вихідні» дисципліни

Визначимо зміст сутностей ER-діаграми. Головна сутність «Дисципліни» має атрибути «Код дисципліни», «Назва дисципліни», «Обсяг дисципліни». У свою чергу, ця сутність має рекурсивний зв'язок типу один до багатьох з «вхідними» та «вихідними» дисциплінами. Сутність «Знання з РНП» має атрибути «Код знання з РНП» та «Зміст знання з РНП». Сутність «Уміння з РНП» має атрибути «Код умінь з РНП» та «Зміст умінь з РНП». Сутність «Розділи дисциплін» має атрибути «Шифр розділу», «Назва розділу» та «Обсяг розділу». Сутність «Цикл дисциплін» має атрибути «Код циклу» та «Назва циклу».

На фізичному рівні засобами СКБД Access модель БД СЛС представлено на рис.2. Наведена база даних дозволяє сформулювати і розв'язувати низку інформаційно-аналітичних задач, зокрема:

– знання, які мають отримати студенти після засвоєння теоретичного матеріалу;

– уміння, які мають набути студенти після практичні лабораторних занять;

– розділи (змістові модулі), з яких складається дисципліна;

– посилання на дисципліни, які потрібні для засвоєння певної дисципліни;

– посилання на дисципліни, які забезпечує ця дисципліна;

– період викладання дисципліни;

– обсяги дисциплін по циклах:

– перевірка на близькість знань/умінь за певними шаблонами та багато інших.

На рис. 3. наведено одну з форм, створених над цією БД.

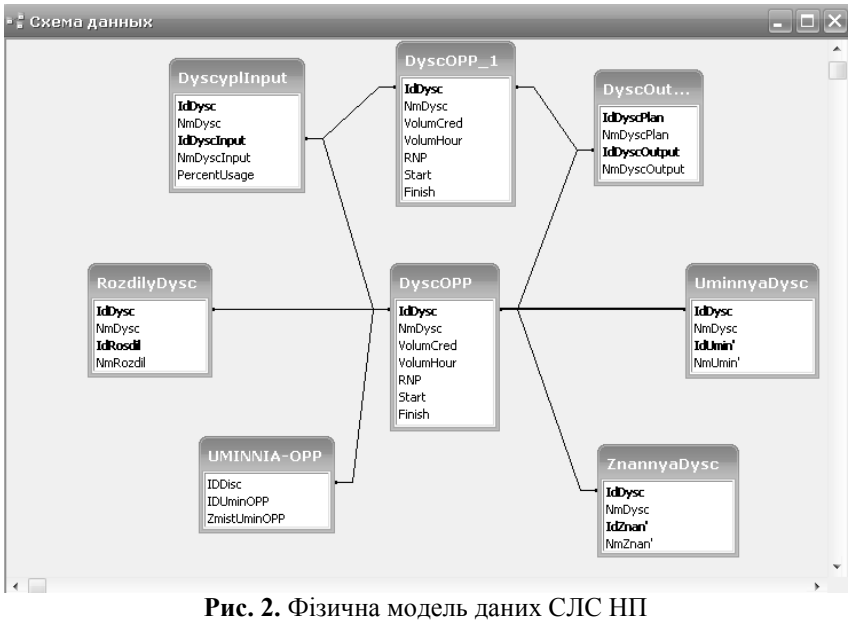


Рис. 2. Фізична модель даних СЛС НП

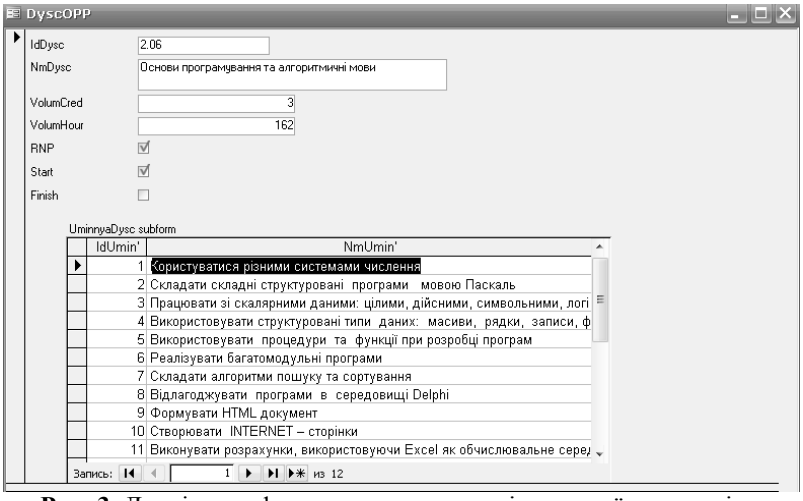


Рис. 3. Дворівнева форма для пошуку умінь певної дисципліни

Але наведена БД СЛС дозволяє сформулювати і розв'язувати іншу низку задач, які можна віднести до когнітивного аналізу [6,7], а сам граф СЛС можна вважати варіантом когнітивної карти.

Когнітивна модель заснована на формалізації причинно-наслідкових зв'язків між характеристиками досліджуваної системи. Результатом формалізації є представлення системи у вигляді причинно-наслідкової мережі, званої когнітивною картою, що може бути представлена у вигляді графа:

$G = \langle F, R \rangle$,

де $F = \{f_1, f_2, \ldots , f_n\}$ – множина факторів (званих також концептами);

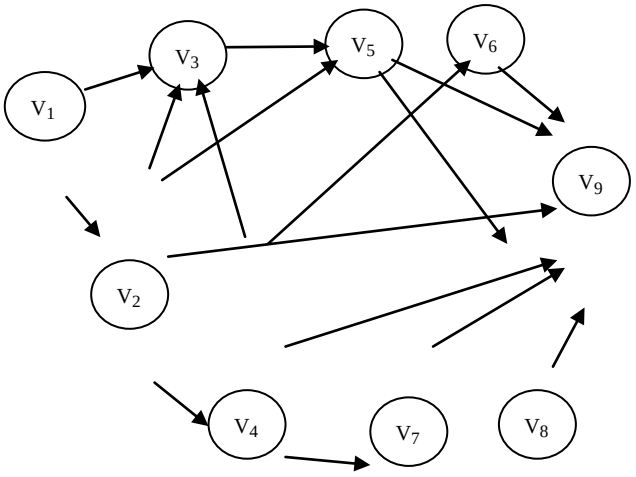
R – бінарне відношення на множині F, яке задає набір зв'язків між його елементами.

Елементи f_i і f_j вважаються пов'язаними відношенням R (позначається $f_i\, R\, f_j$ або $(f_i,f_j) \in R$), якщо зміна значення концепту f_i (причини) призводить до зміни значення концепту f_j (наслідку). Відповідно до термінології когнітивного моделювання в цьому випадку говорять, що концепт f_i впливає на концепт f_j.

Якщо збільшення значення концепту-причини призводить до збільшення значення концепту-наслідку, то вплив вважається позитивним («посилення»), якщо ж значення зменшується – негативним («гальмування»). Тим самим відношення R можна представити у вигляді об'єднання двох підмножин, що не перетинаються: $R = R^+ \cup R^-$, де R^+ – множина позитивних, R^- – множина негативних зв'язків. Виходячи з припущення, що в СЛС немає негативних впливів однієї дисципліни на інші, пропонується такі дослідження графа СЛС. На рис. 4 показано фрагмент СЛС одного з варіантів навчального плану за напрямом підготовки «Комп'ютерні науки», розробленого цикловою комісією випускової кафедри. Фрагмент СЛС представлено як в матричному виді (рис. 4а), так і у вигляді орграфа (рис. 4б). Будемо вважати, що на усіх дугах графа стоїть символ «+», який у матриці замінимо на цифру «1», що дозволить проводити певні розрахунку для аналізу СЛС.

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9
1		1	1						
2			1	1	1				1
3					1				
4			1			1	1		1
5								1	1
6									1
7									1
8									1
9									

а)



б)

Рис. 4. Фрагмент структурно-логічної схеми навчального плану

На рисунку 4 наведено такі позначення дисциплін у якості вершин орграфа.

V_1 – Базові офісні інформаційні техноло

V_2 – Основи програмування й алгоритмичні мови.

V_3 – Структури і організація даних.

V_4 – Об'єктно-орієнтоване програмування.

V_5 – Організація баз даних і знань.

V_6 – Системне програмування і операційні системи.

V_7 – Об'єктно-орієнтована методологія створення комп'ютерних систем.

V_8 – Розподілені бази даних.

V_9 – Технологія створення програмних продуктів.

Позначимо представлену вищє матрицю графа СЛС через M_{norm}, тобто будемо вважати її як нормативну. У процесі розробки навчальних програм викладачі дисциплін мають наводити такі обов'язкові пункти, як посилання на дисципліни, на яких базується ця дисципліна, і посилання на дисципліни, які забезпечує ця дисципліна. Зрозуміло, що при великій кількості дисциплін (до 50) і при вузькій спеціалізації викладачів (в середньому 12–15 викладачів на навчальний план підготовки бакалаврів) завідувачу кафедри або уповноваженому за узгодженість дисциплін важко вручну відстежити узгодженість зв'язків між дисциплінами.

Запропонована база даних (рисунки 2 і 3) дозволяє побудувати два варіанти графа СЛС. Один граф будується на даних з таблиці *DyscyplInput*, другий граф – на даних з таблиці *DyscyplOutput*. На рис. 4а для того ж фрагменту СЛС одного з варіантів навчального плану наведено матрицю, побудовану на базі таблиці *DyscyplInput*, а на рис. 4б – на базі таблиці *DyscyplInput*. В отриманих матрицях відмічені комірки, значення в яких відрізняється від значень в комірках матриці M_{norm}.

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9
V_1		1	1						
V_2			1		1				1
V_3					1				
V_4			1			1	1		1
V_5								1	
V_6									1
V_7									1
V_8									1
V_9									

а)

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9
V_1		1							
V_2			1	1	1				1
V_3					1				
V_4			1				1		1
V_5								1	1
V_6									1
V_7									
V_8									1
V_9									

б)

Рис. 4. Матриці графів СЛС на основі інформації з РНП

Оскільки вершинами графа є одні й ті ж дисципліни, то вони мають тотожну топологію як між собою, так і з нормативним графом. Звідси випливає, що матриці цих графів M_{norm}, M_{input} і M_{output} мають однакову розмірність і тому над ними можна виконувати операції над матрицями, зокрема операції віднімання.

Наприклад, якщо виконати операцію M_{norm} - M_{input}, то отримаємо матрицю з пустими (нульовими) комірками крім V[2,4] = V[5,9] = 1. Це означає, що в РНП дисципліни V_4 не вказано, що дисципліна V_2 є «вхідною» для неї, а в РНП дисципліни V_9 не вказано, що дисципліна V_5 є «вхідною» для неї.

Якщо виконати операцію M_{norm} - M_{output}, то тільки V[1,3] = V[4,6] = V[7,9] = 1, інші будуть нульовими. Це означає, що в РНП дисциплін V_1,V_4 та V_7 не вказано, що знання і уміння цих дисциплін забезпечують опанування дисциплін V_3,V_6 та V_9 відповідно.

Операції M_{output} - M_{input} та M_{input} - M_{output} дозволяють виявити неузгодженості «вихід-вхід» і «вхід-вихід» відповідно.

Не виключено, що крім «втрачених» зв'язків в РНП можуть бути вказані нові зв'язки. Усе це є предметом узгодження РНП безпосереднє як між викладачами суміжних дисциплін, так і на методичній раді випускової кафедри і, навіть, факультету, якщо не вдається узгодити РНП між викладачами різних кафедр.

Для більш глибокого аналізу на основі когнітивної карти на зв'язках (на дугах графа) можуть задаватися як лінгвістичні (якісні) показники, так числові величини. У статті СЛС НП будемо розглядати як когнітивну карту з числовими величинами. У якості таких в даному дослідженні пропонується використати експертну оцінку впливу p_{ij}. Оцінка має базуватися на визначенні і аналізі розділів РНП попередніх дисциплін, що використаються в дисципліні, що розглядається. Для цього в дослідженні прийнята 100-бальна метрика, що асоціюється з відсотковим впливом однієї дисципліни на іншу. Цей відсоток визначається експертним шляхом. До групи експертів мають входити, як мінімум, викладач даної дисципліни, викладач дисципліни, яку забезпечує ця дисципліна, і завідувач кафедри. На рис. 5 наведено приклад фрагменту зваженого графу СЛС. На представленому графі шифри вершин є шифрами дисциплін навчального плану.

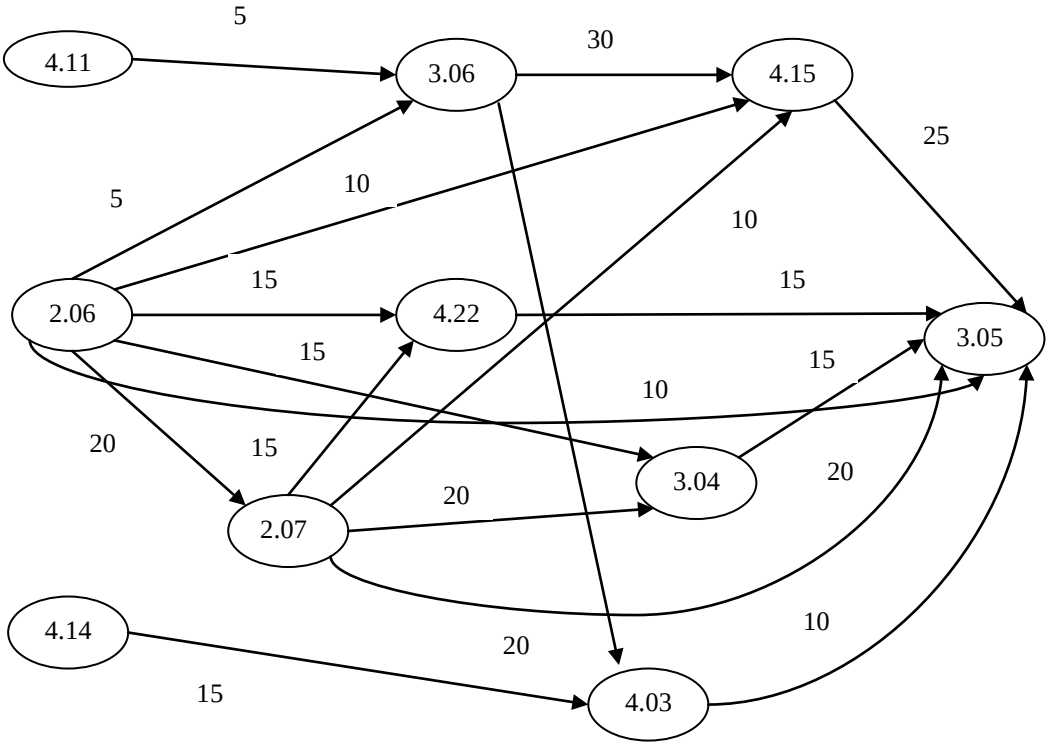


Рис. 5. Зважений граф впливу дисциплін згідно СЛС НП

Для когнітивного аналізу СЛС на основі створеної бази даних можна запропонувати, наприклад, такі задачі:

– визначення кількості та назви дисциплін, що впливають на дану дисципліну;

– загальні міри впливу усіх дисциплін на дану дисципліну;

– дисципліни з малим впливом на інші дисципліни навчального плану;

– дисципліни з великим впливом на інші дисципліни навчального плану та інші.

Для розв'язання цих задач необхідно ввести відповідні метріки.

Крім зазначених ряд корисних задач можна розв'язувати, якщо увести поняття довжини шляху між вершинами L_{ij}. За таку міру логічно прийняти величину, зворотну мірі впливу.

$$Long = \frac{1000}{VolHour * Percent/100} = \frac{100000}{VolHour * Percent}$$

Примітка. Коефіцієнт 1000 обрано таким чином, щоб числа, що представляють довжини шляхів, легше сприймалися.

Зробивши відповідні запити до бази даних, отримаємо значення довжин шляхів графа попереднього графа, які наведено на рис. 6.

У відповідності до алгоритму Флойда-Фолкірсона [8] довжини мінімальних шляхів між усіма парами вершин визначаються як

Lmin(vi,j) = min {L(vi,j),1; L(vi,j),2; …; L(vi,j),k; …; L(vi,j)n} , де:

k – номер ітерації; n – розмірність матриці.

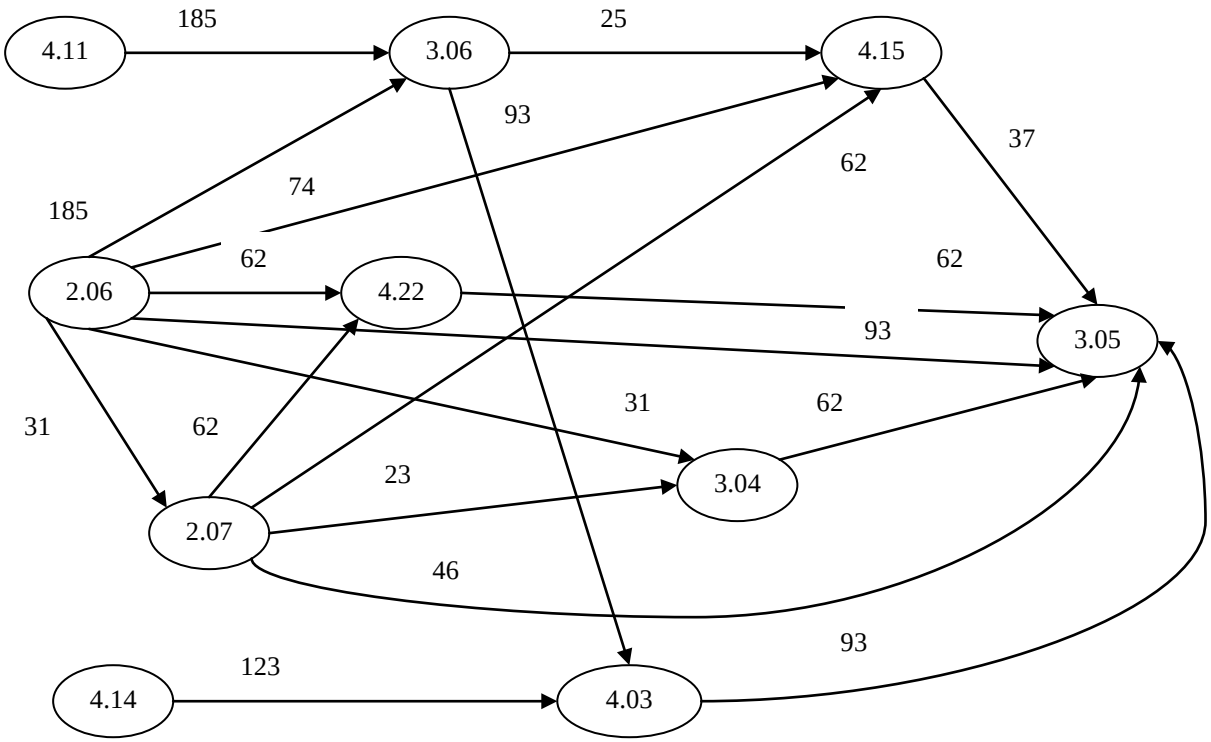


Рис. 6. Фрагмент графа СЛС після отримання значень довжин шляхів графа

Після находження матриці найкоротших шляхів між парами вершин знаходиться *центр* орграфа. Центр (центральна вершина) визначається через ексцентриситет (максимальне відхилення).

Ексцентриситет υ відносно вершини ω визначається як

$$\max\{\min\{< v \to w > \}\}, \text{ де}: v \in V; w \in V; v \notin w,$$

або

$$\max_{v=V}\{\text{мінімальна довжина шляху від } v \text{ вершини до } w\}$$

Центром орграфа G називається вершина з мінімальним ексцентриситетом, або центром графа є вершина, для якої максимальна відстань (довжина шляху) до інших вершин мінімальна, тобто $\min(\max(\min\{L_{ij}\}))$.

Для графа на рис. 6 достатньо проаналізувати й порівняти довжини матриці до 3-го ступеню оскільки не існує шляхів між верширами більш ніж у 3 кроки. У таблиці 1 наведено матриці довжин між вершинами 3-го ступеню.

Таблиця 1

Матриця найкоротших шляхів для графа рис. 6

	2.06	**2.07**	**3.04**	**3.05**	**3.06**	**4.03**	**4.11**	**4.14**	**4.15**	**4.22**
2.06		31	31	77	185	259			74	62
2.07			23	46					74	62
3.04				62						
3.05										
3.06						93			25	
4.03				93						
4.11					185					
4.14				247		123				
4.15				37						
4.22				62						
	0	**31**	**31**	**247**	**185**	**259**	**0**	**0**	**74**	**62**

Далі визначаємо ексцентриситети вершин як ej = max(L(vij)).

Ексцентриситети для вершин графа, що на рис. 6 , наведено внизу табл. 1.

Як бачимо, цей граф має дві центральні вершини 2.07 і 3.04. Якщо обрати критерієм віднесення вершин до центру графа довжину L=75, то центральною областю графа, крім вершин 2.07 і 3.04, будуть вершини 4.15 і 4.22.

Перспективи подальших досліджень. Зрозуміло, що це центральна область тільки для обраного фрагменту, а для графа СЛС потрібно провести роботу по виявленню та узгодженню усіх зв'язків між дисциплінами, а також додати у якості вершин центральні вимоги зі стандартів ОПП і ОКХ.

Планується розробити метрики впливу дисциплін відповідно до графу СЛС, а також розглянути графи СЛС з нечіткими значеннями впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комплекс нормативних документів для розроблення складових системи галузевих стандартів вищої освіти / За загальною редакцією В. Д. Шинкарука. – МОН України, 2008. – 68с.
2. *Галузевий стандарт вищої освіти України з напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»: Збірник документів вищої освіти. – К. : Видавнича група BHV, 2011. – 85 с.*
3. Мєщанінов О. П. Сучасні моделі розвитку університетської освіти в Україні : [Монографія]. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2005. – 456 с. – 28,5 авт.арк.
4. Карпенко М. Трансформация системы образования под влиянием информационно-коммуникационных технологий // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2004. – № 6. – С. 8–11.
5. Пасічник В. В., Резніченко В. А. Організація баз даних та знань. – К. : Видавництво BHV, 2006. – 384 с.
6. Лакофф Дж. Когнитивное моделирование. Язык и интеллект. – М. : «Прогресс», 1996. – 416 с. http://www.raai.org /about/persons/kulinich/pages/kanva2003.html.
7. Кулинич А. А. Система когнитивного моделирования «Канва».
8. Фісун М. Т. Структура та організація даних в ЕОМ : [Навчальний посібник] / М. Т. Фісун, Б. О. Цибенко. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. – 132 с.

Н. Т. Фисун,
Черноморский национальный университет
им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина

КОГНИТИВНИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ УЧЕБНОГО ПЛАНА

Предложена и создана база данных учебного плана (БДНП), в которой кроме характеристик дисциплин из самого плана добавляются еще характеристики дисциплин, которые содержатся в рабочих учебных программах (РНП) дисциплин. Она позволяет создать информационно-аналитическую систему для заведующего кафедрой, методиста и преподавателей выпускающей кафедры. Кроме того, используя информацию из РНП о дисциплинах, на которых базируется данная дисциплина, и овладение дисциплин, которыми она обеспечивает, созданная база данных позволяет выполнять своеобразный когнитивный анализ учебного плана. Рассмотрены такие задачи анализа, как взаимная согласованность между дисциплинами по «входам-выходам», степень влияния дисциплин между собою и определения центральной области графа СЛС.

Ключевые слова: *учебный план; структурно-логическая схема; когнитивная карта.*

M. T. Fisun,
Petro Mohyla Black Sea National University
Mykolayiv, Ukraine

COGNITIVE ANALYSIS OF CURRICULUM'S STRUCTURE

The important factor of quality of curriculum for preparation of specialists in high school is a structurally-logic chart (SLC) of curriculum that presents sequence of teaching of courses thus, that before teaching of material of certain course was already provided mastering of material from previous courses. Such chart is usually presented as the directed graph in which nodes are courses and edges are relationships between courses. But in most cases the using of such chart is ended, in that time as for the analysis of curriculum's structure and quality of relationships between courses on SLC can be used the graph model, including cognitive simulation of curriculum's structure, in particular construction and analysis of cognitive map, For this purpose in this article proposed and created the database of curriculum

(DBoC), in which to characteristics of courses from curriculum was added also characteristics of subjects contained in the syllabus, such as courses, which is base for a certain course («input»), and that it provides other courses ("output"). This allows you to build two graphes of relationships between courses: one using the information about input courses for each of them, the other - using the information about output courses from each of them. Accordingly, we can build two matrices representing both graphs of relationships. After making the operation «minus» for matrices from each other, can be found inconsistencies of relationships between courses. So such database allows to create information system for the head, methodologist and teachers of producing educational department. It allows also to perform the certain cognitive analysis of curriculum. Proposed such tasks of analysis as mutual co-ordination between courses on «nput-output», degree of influence of courses one on other, that is determined by an expert way in percentage. Proposed a concept of distances between courses as a reciprocal of influence degree. Presence of quasi distances between the related courses allows to determine the central area of graph SLC for further analysis. In future it is planned to use linguistic variables as weights of edges and thus be possible to consider SLC as fuzzy cognitive map.

Key words: *curriculum; structurally-logic chart; cognitive map.*

Рецензенти: д. т. н., проф. ***І. І. Коваленко;***
к. т. н., доц. ***І. О.Кравець.***

© Фісун М. Т., 2016

Дата надходження статті до редколегії 13.10.16