

УДК 371.3

Н.Р. КОНДРАТЕНКО, Т.І. ТРОЯНОВСЬКА, Ю.Я. СЛОБОДЯНЮК

Вінницький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПРИЙНЯТТЯ СТУДЕНТАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ НАВЧАННЯ НА БАЗІ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

*Дана робота присвячена дослідженню сприйняття студентами навчального матеріалу дистанційного курсу навчання на базі кластерного аналізу. В результаті проведеного експерименту було виявлено, що подача навчального матеріалу в запропонованій адаптивній системі дистанційного навчання є більш ефективною, що показує збільшення кластеру встигаючих студентів у порівнянні з традиційним підходом.*

*The given work is devoted to research of perception teaching material features by remote course students on cluster analysis base. As a result of experiment was revealed that teaching material giving in the offered adaptive system of remote training is more effective in comparison with the traditional approach. The proof is the increase of good students cluster.*

Ключові слова: дистанційне навчання, кластерний аналіз.

### Вступ

Сьогодні, коли людина цінує свій час і прагне навчатися протягом усього життя, дистанційне навчання (ДН) стає не тільки інструментом підвищення кваліфікацій, а й набуття нових спеціалізованих знань. Тому доцільним є постійно підвищувати якість дистанційних курсів навчання (ДКН), тим більше, що висока конкуренція та попит на подібні системи постійно росте.

В загальному випадку, більшість систем дистанційного навчання (СДН) спрямовані на подачу навчального матеріалу (НМ) студентам ДКН по заздалегідь визначеному принципу без урахування індивідуального підходу. Актуальним є провести аналіз сприйняття НМ студентами ДКН, які відрізняються системами індивідуального підходу на базі кластерного аналізу.

Поставимо задачу проаналізувати особливості сприйняття НМ ДКН на базі кластерного аналізу. Для розв'язання поставленої задачі запропонуємо моделі кластерного аналізу.

### Індивідуальний підхід при подачі НМ в сучасних СДН

Виділяють такі типи СДН: статичні, динамічні та адаптивні. Статичні системи будуються на основі традиційної компоновки теоретичних та практичних елементів, які відповідають компоновці звичайного підручника, з повністю детермінованим єдиним шляхом навчання, і результатом навчання за допомогою таких систем є середній кваліфікаційний рівень [1]. Динамічні СДН будуються на основі нелінійної компоновки теоретичних та практичних елементів, які утворюють кілька недетермінованих шляхів навчання, кожен з яких відповідає певному кваліфікаційному рівню [2]. Адаптивні СДН (АСДН) аналогічні динамічним, однак за рахунок наявності зворотного зв'язку між студентом та системою навчання, здатні адаптуватись до особливостей окремо взятого студента [3].

У загальному випадку, АСДН засновуються на декількох принципах:

- Принцип персоналізації. Реалізація цього принципу обумовлює, що кожен актор (користувач) системи повинен бути певним чином описаний в системі та однозначно ідентифікований. Це, в свою чергу дозволяє викладачу, наприклад, збирати інформацію про перебіг навчання студента [4], і оперативно коригувати його [3].

- Принцип варіативності. Система повинна забезпечувати кілька різних варіантів одного і того самого курсу навчання [5]. Це може і не передбачати розробку варіантів курсу, але у будь-якому випадку передбачає початкове тестування, яке дозволяє визначити схильності, рівень навичок або інші психофізіологічні параметри студента. Це дозволить підібрати студенту курс, розрахований на відповідну аудиторію, або кваліфікацію.

- Принцип самовдосконалення. В системі повинен бути присутнім елемент досвіду. Наприклад, система повинна запам'ятовувати проміжні результати тестування, і відповідно ним автоматично коригувати процес подальшого оцінювання студента [5].

- Принцип творчої складової. Система повинна дозволити студенту впливати на планування власного навчання, а також надавати альтернативні варіанти опанування тієї чи іншої інформації.

- Принцип неповної інформації. В адаптивних системах матеріал повинен подаватись як окремі тези (поняття), які можуть бути конкретизовані за допомогою переходу на додаткові вузли системи, формуючи таким чином шлях індивідуального навчання студента [6].

### Індивідуальний підхід і його вихідні параметри

Для забезпечення індивідуального підходу до кожного студента в даній АСДН пропонується ввести принцип непрямого оцінювання. Непряма оцінка – оцінка, що в академічному навчанні ставиться викладачем інтуїтивно зважаючи на старанність студента та самостійну роботу [7].

Частіше за все непряме оцінювання зводиться до константації самого факту зняття замірів, проте не впливає на оцінку студента ДКН. Характерним прикладом є обмеження в часі під час здачі тесту, або доступності тесту в часі. Яскравим представником такого такого підходу є СДН Міжнародна Академія Cisco (www.cisco.net).

У традиційному навчанні викладач, читаючи курс, завжди занурюється в навчальне середовище. Інтуїтивні або непрямі оцінки (НО), які він робить упродовж роботи, допомагають йому корегувати процес навчання в реальному часі. ДН такого не дозволяє, тому навчальне середовище для нього необхідно створити штучно, за допомогою технологічних засобів.

Для цього пропонується застосування НО з метою вирішити задачу максимального наближення так званого «кібернетичного відчуття» викладача ДФН до реального. Маючи такі технічні засоби (які, між іншим, цілком застосовні і в академічній формі) викладач фактично за допомогою комп'ютера розширює спектр своїх почуттів, тобто глибше занурюється в навчальне середовище.

НО в ДФН можуть стати механізмом неявних спостережень за студентом, причому, результати таких спостережень – НО – впливатимуть на кінцевий результат оцінювання – на прямі оцінки (ПО). Крім того, аналіз НО дозволить розробляти та застосовувати адаптивні підходи до процесу навчання студента ДФН.

В даній АСДН пропонується виконувати НО на основі наступних факторів:

1. Шлях проходження студентом дистанційного курсу (*множина*):

базова основа курсу, достатня для успішної здачі тесту;

розширена версія курсу – коли студент працює з додатково запропонованими посиланнями або працює зі спорідненими курсами.

2. Швидкість опрацювання НМ (розраховується індивідуально для кожного студента) (*числова оцінка*).

3. Швидкість здачі тесту (індивідуально для кожного студента) (*числова оцінка*).

Математична модель НО записується у вигляді матриці значень непрямих оцінок – векторів значень НО для кожного студента:

$$f_{HO} = \begin{bmatrix} S(t_{\text{ем}}^1)_{\text{тесту}}^1, S(t_{\text{ем}}^2)_{\text{тесту}}^2, S(t_{\text{ем}}^3)_{\text{тесту}}^3, \dots, S(t_{\text{ем}}^k)_{\text{тесту}}^k \\ S(t_{\text{мєстун}}^1)_{\text{тесту}}^2, S(t_{\text{мєстун}}^2)_{\text{тесту}}^2, S(t_{\text{мєстун}}^3)_{\text{тесту}}^2, \dots, S(t_{\text{мєстун}}^k)_{\text{тесту}}^2 \\ S(t_{\text{ем}}^1)_{\text{тесту}}^3, S(t_{\text{ем}}^2)_{\text{тесту}}^3, S(t_{\text{ем}}^3)_{\text{тесту}}^3, \dots, S(t_{\text{ем}}^k)_{\text{тесту}}^3 \\ S(t_{\text{мєстун}}^1)_{\text{тесту}}^4, S(t_{\text{мєстун}}^2)_{\text{тесту}}^4, S(t_{\text{мєстун}}^3)_{\text{тесту}}^4, \dots, S(t_{\text{мєстун}}^k)_{\text{тесту}}^4 \\ W_1^5, W_2^5, W_3^5, \dots, W_k^5 \end{bmatrix},$$

де  $t_{\text{тєстун}}$  та  $t_{\text{мєстун}}$  відповідно – швидкість прочитання текстового матеріалу та швидкість складання тестового завдання, параметри яких розраховуються індивідуально для кожного студента на

основі відповідно його  $t_{\text{ем}}^{\text{тєстун}}$  та  $t_{\text{ем}}^{\text{тєстун}}$ .

НО впливає на пряму оцінку опосередковано та дозволяє АСДН без участі викладача ставити максимально наближені до реальних умов оцінки.

### Застосування кластерного аналізу для аналізу особливостей сприйняття НМ ДКН

Термін «кластерний аналіз» верше був введений Тріоном в 1939 році і в дійсності включає в себе більше 100 різних алгоритмів класифікації. За допомогою кластеризації можна аналізувати показники різних типів даних.

Кластерний аналіз – це спосіб групування багатомірних об'єктів, що базований на представленні результатів окремих спостережень точками відповідного геометричного простору з подальшим виділенням груп як «згустків» цих точок. «Кластер» (з англійської мови «Cluster») перекладається як «згусток», «скупчення (зірок)» і т.д..

Як науковий напрямок кластерний аналіз почав розвиватись ще в середині 60-х років і з тих пір активно розвивається, являючись однією із гілок найбільш інтенсивного росту статистичної науки. Перевагою даного методу є те, що він може працювати навіть тоді, коли даних мало і не виконуються вимоги класичних методів статистичного аналізу.

Основною метою кластерного аналізу є виділення у вихідних багатомірних даних таких однорідних підмножин, щоб об'єкти всередині груп були схожі, а об'єкти з різних груп – не схожі [8].

Методи кластерного аналізу можна розділити на дві групи:

- ієрархічні;
- неієрархічні.

Кожна з цих груп містить багато підходів та алгоритмів. Використовуючи різні методи кластерного аналізу, аналітик може отримати різні результати для тих самих даних. Це вважається нормальним явищем.

Не дивлячись на відмінності в цілях, типах даних і застосованих методах, всі дослідження, що використовують кластерний аналіз, проходять наступні п'ять основних кроків [9]:

1) відбір вибірки для кластеризації;

- 2) визначення множини ознак, по яким оцінюватимуться об'єкти у вибірці;
- 3) обчислення значень тієї або іншої міри подібності (близькості);
- 4) використання методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів;
- 5) перевірка достовірності результатів кластерного рішення.

Розглянемо більш детально ієрархічні методи, а саме агломеративний метод кластерного аналізу (рис. 1).

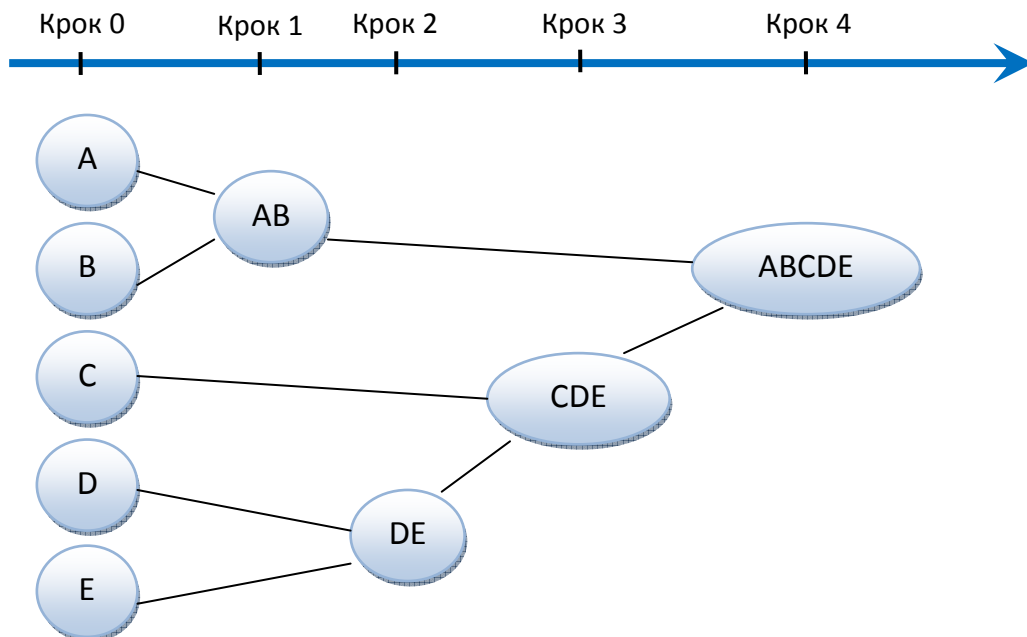


Рис. 1. Схема агломеративного методу кластерного аналізу

Прикладом агломеративної кластеризації є дерево ієрархічної структури або дендрограма (з грец. dendron – дерево), яка відображує процес агломерації, злиття окремих спостережень в єдиний кінцевий кластер. Дендрограма показує степінь близькості окремих об'єктів кластера, а також наглядно демонструє в графічному вигляді послідовність їх об'єднання.

Алгоритм створення дендрограми:

1. Спочатку кожен об'єкт вважається окремим кластером.
2. Визначається матриця відстаней між об'єктами (найбільш поширений спосіб визначення відстаней – евклідова відстань).
3. Об'єднуються два ближчих об'єкти, які створюють новий кластер.
4. Визначаються відстані від цього кластера до всіх інших об'єктів, і розмірність матриці відстаней скорочується на 1.
5. Процедура повторюється доки усі об'єкти не об'єднуються в один кластер

Кластерний аналіз дозволяє обраховувати різні типи відстаней (евклідова відстань, манхетенська, Чебишева і т.д.).

Евклідова відстань – це найбільш загальний тип відстаней, вона являється просто геометричною відстанню в багатомірному просторі і вираховується наступним чином [8]:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2}.$$

Кластерний аналіз проводився на експериментальних даних, що були зібрані в результаті тестування студентів. Тести студентам пропонувались після проходження частини курсу «Дискретна математика», причому курс розроблявся в запропонованій АСДН з використанням принципів непрямого оцінювання, тобто, з використанням елементів індивідуального підходу до сприйняття НМ студентами ДКН. Суть експерименту полягає у припущенні, що збільшиться кластер встигаючих студентів (відмінників та хорошистів) в порівнянні з результатами тестування студентів, що навчалися та здавали тести в інших СДН.

Провівши нормування даних (яке необхідне, коли ознаки об'єкта виміряні в різних одиницях виміру

$n = \frac{x}{x_{\max}}$ ) та обрахунок міри близькості між об'єктами на основі евклідової метрики, було отримано

матриці відстаней, одна з них наведена на рис. 2.

	Euclidean distances (Spreadsheet3)																		
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_10	C_11	C_12	C_13	C_14	C_15	C_16	C_17	C_18	C_19
C_1	0,00	0,03	1,21	1,23	0,57	0,57	0,57	0,59	1,03	1,03	1,27	1,27	0,91	0,93	0,97	1,00	0,75	0,69	0,71
C_2	0,03	0,00	1,19	1,21	0,57	0,57	0,57	0,59	1,02	1,03	1,27	1,26	0,91	0,93	0,97	0,99	0,74	0,68	0,69
C_3	1,21	1,19	0,00	0,07	1,15	1,13	1,11	1,12	0,81	0,77	1,29	1,27	0,99	0,93	0,89	0,89	1,05	1,08	1,03
C_4	1,23	1,21	0,07	0,00	1,16	1,15	1,12	1,13	0,80	0,76	1,30	1,28	1,01	0,95	0,88	0,87	1,05	1,08	1,04
C_5	0,57	0,57	1,15	1,16	0,00	0,03	0,05	0,09	0,64	0,65	0,72	0,72	0,51	0,52	0,62	0,65	0,54	0,46	0,49
C_6	0,57	0,57	1,13	1,15	0,03	0,00	0,05	0,06	0,63	0,63	0,72	0,72	0,51	0,51	0,59	0,63	0,51	0,44	0,48
C_7	0,57	0,57	1,11	1,12	0,05	0,05	0,00	0,08	0,62	0,63	0,72	0,71	0,50	0,51	0,60	0,63	0,50	0,43	0,45
C_8	0,59	0,59	1,12	1,13	0,09	0,06	0,08	0,00	0,60	0,61	0,71	0,71	0,52	0,51	0,54	0,58	0,48	0,40	0,45
C_9	1,03	1,02	0,81	0,80	0,64	0,63	0,62	0,60	0,00	0,06	0,57	0,58	0,39	0,27	0,32	0,34	0,76	0,75	0,77
C_10	1,03	1,03	0,77	0,76	0,65	0,63	0,63	0,61	0,06	0,00	0,58	0,58	0,39	0,28	0,34	0,36	0,75	0,75	0,76
C_11	1,27	1,27	1,29	1,30	0,72	0,72	0,72	0,71	0,57	0,58	0,00	0,09	0,52	0,50	0,70	0,72	0,97	0,94	0,96
C_12	1,27	1,26	1,27	1,28	0,72	0,72	0,71	0,71	0,58	0,58	0,09	0,00	0,51	0,50	0,73	0,76	0,97	0,94	0,95
C_13	0,91	0,91	0,99	1,01	0,51	0,51	0,50	0,52	0,39	0,39	0,52	0,51	0,00	0,12	0,62	0,66	0,88	0,84	0,85
C_14	0,93	0,93	0,93	0,95	0,52	0,51	0,51	0,51	0,27	0,28	0,50	0,50	0,12	0,00	0,51	0,54	0,83	0,79	0,81
C_15	0,97	0,97	0,89	0,88	0,62	0,59	0,60	0,54	0,32	0,34	0,70	0,73	0,62	0,51	0,00	0,04	0,55	0,56	0,60
C_16	1,00	0,99	0,89	0,87	0,65	0,63	0,63	0,58	0,34	0,36	0,72	0,76	0,66	0,54	0,04	0,00	0,55	0,58	0,61
C_17	0,75	0,74	1,05	1,05	0,54	0,51	0,50	0,48	0,76	0,75	0,97	0,97	0,88	0,83	0,55	0,55	0,00	0,09	0,11
C_18	0,69	0,68	1,08	1,08	0,46	0,44	0,43	0,40	0,75	0,75	0,94	0,94	0,84	0,79	0,56	0,58	0,09	0,00	0,10
C_19	0,71	0,69	1,03	1,04	0,49	0,48	0,45	0,45	0,77	0,76	0,96	0,95	0,85	0,81	0,60	0,61	0,11	0,10	0,00

Рис. 2. Матриця евклідових відстаней за результатами тестування засобами запропонованої АСДН

По матриці відстаней будуюмо дендрограми, по кожному із тестувань.

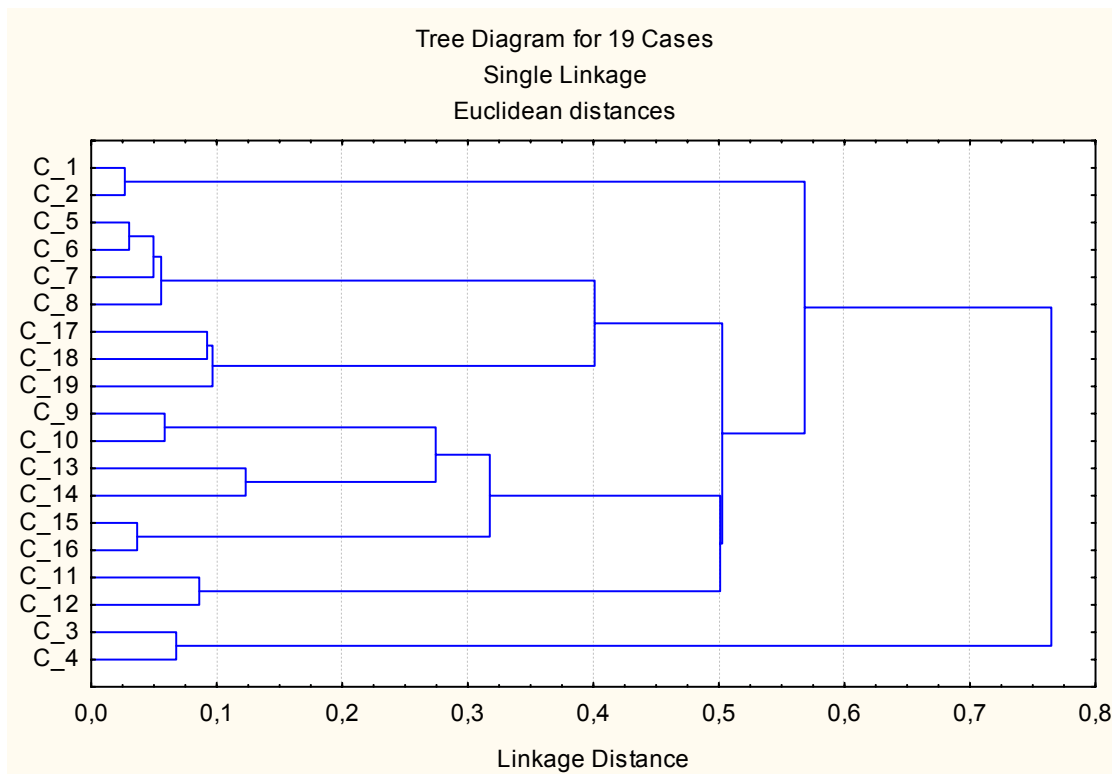


Рис. 3. Дендрограма розподілу студентів на кластери за результатами тестування засобами запропонованої АСДН

Експериментальні дослідження показують, що створюються кластери студентів за рівнем успішності по результатам задачі тесту. На рисунку 3 можна виділити кластер успішних студентів C\_1-C\_12, та кластер неуспішних – C\_3 – C\_4 по тестуванню засобами СДН з індивідуальним підходом, а на рисунку 4 – кластери успішних студентів C\_1 – C\_16, неуспішних – C\_3, C\_4, C\_8, C\_9 по тестуванню засобами традиційних СДН. Отримані дендрограми демонструють тенденцію збільшення кількості студентів, що успішно пройшли тест в умовах використання СДН з індивідуальним підходом.

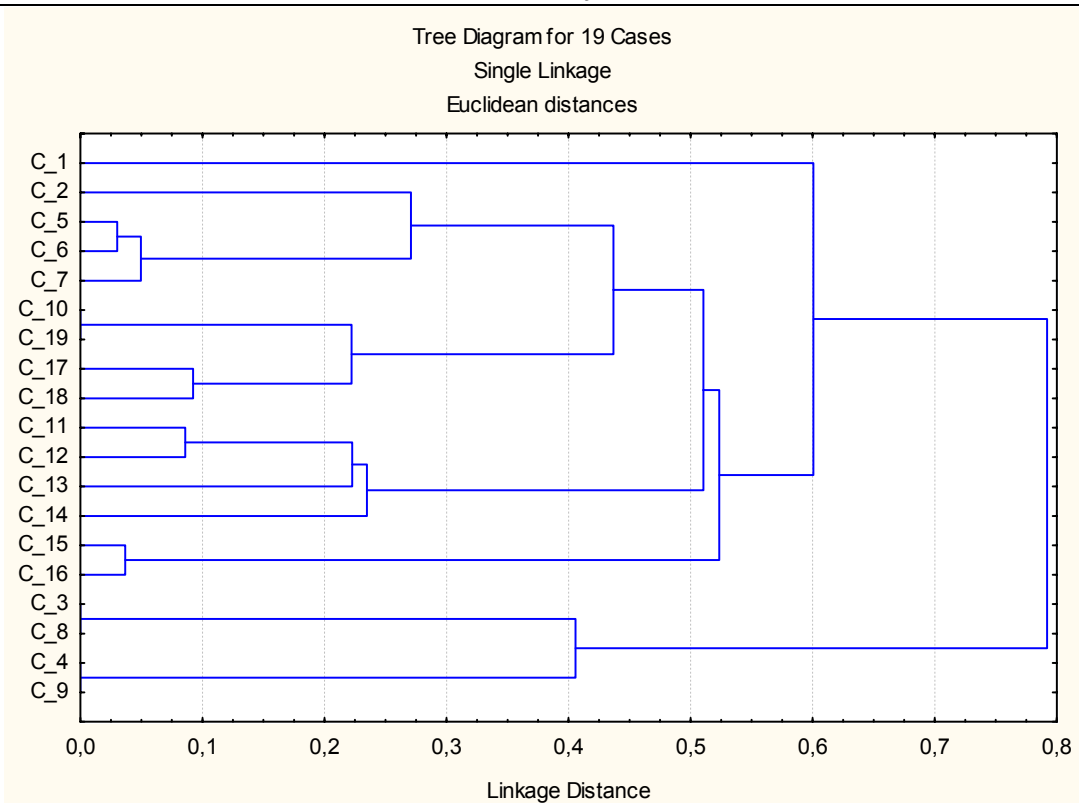


Рис. 4. Дендрограма розподілу студентів на кластери по результатам тестування засобами традиційних СДН

### Висновки

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що подача НМ в запропонованій АСДН є ефективнішою, оскільки аналізує особливості сприйняття НМ студентами ДКН, що показало збільшення кластерів встигаючих студентів в порівнянні з традиційною подачею НМ.

### Література

1. Зайцева Л. В., Попко В. Н. Разработка и использование электронных учебников // *Educational Technology & Society*. – 2006. – № 9 (1). – С. 411-421.
2. Нарожный А. В., Яковенко А. Е. Программно-инструментальные средства для системы принятия решений в условиях дистанционного обучения // *Труды Одесского политехнического университета. Спецвыпуск 2006*. С. 145-149.
3. Zamikhnovsky L., Savyuk L. Creation of adaptive distance learning systems for students of technical specialities // *Information Nechnologies in Education fof All*. – 21-23 November. – Kyiv. – 2007. – P. 435-442.
4. Артеменко В.Б. Моделивання взаємодії учасників е-навчання на засадах агент-орієнтованого підходу // *Збірник праць другої міжнародної конференції «Нові інформаційні технології в освіті для всіх: стан та перспективи розвитку»*, 21-23 листопада. – К., 2007. – С. 422-428.
5. Гогунский В.Д. Анализ внедрения адаптивной обучающей программы на основе нечеткой логики // *Труды Одесского политехнического университета № 2 (28)*. – 2007. – С. 127-128.
6. Кемберда И. Н., Мокров А. В., Сокол В. В., Хохлов А. А. Выбор альтернатив учебных курсов для построения индивидуальной траектории обучения в информационном пространстве Semantic WEB // *Вестник ХНТУ № 24*. – 2006. – С. 467-472.
7. Гороховський О.І., Трояновська Т.І., Кисюк Д.В. Автоматизація роботи викладача дистанційної форми навчання за допомогою непрямих оцінок // *«Наукові дослідження – теорія та експеримент 2007»*, Полтава, 14-16 травня, 2007. Полтава, «Інтерграфіка» 2007. – С. 127-131
8. Мандель І.Д. Кластерний аналіз. – М.: Фінанси і статистика, 1988. – 176с. – ISBN 5-279-00050-7
9. Дюран Б., Одел П. Кластерний аналіз. – М.: Статистика, 1977. – 129 с.

Надійшла 29.9.2009 р.