

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ЛЕНДЮК ТАРАС ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 004.9:378

ДИСЕРТАЦІЯ

Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи  
комп'ютеризації освіти

05.13.06 – Інформаційні технології

05 «Технічні науки»  
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Лендюк Т.В.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник –  
доктор економічних наук, професор  
Ріппа Сергій Петрович

Ідентичність всіх примірників дисертації  
ЗАСВІДЧУЮ:  
Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради



Тернопіль – 2017

## АНОТАЦІЯ

*Лендюк Т. В.* Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи комп'ютеризації освіти. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 інформаційні технології. – Тернопільський національний економічний університет МОН України, Тернопіль, 2017.

Дисертацію присвячено дослідженню формування індивідуальної траєкторії навчання, онтології навчальної дисципліни та зменшенню часу навчання і тестування.

У дисертації представлено дослідження та розроблено методи і засоби інформаційної технології побудови індивідуальної траєкторії навчання.

Мета дисертаційної роботи полягає у знання-орієнтованому формуванні індивідуальної траєкторії навчання для підтримки адаптивного навчання з використанням елементів семантики, що забезпечує диференціацію навчального матеріалу у середовищі системи комп'ютеризованого навчання для студентів відповідно до їх рівня знань та складності навчального матеріалу, а також скорочує час вивчення навчального матеріалу і тестування.

У першому розділі проведено аналіз стану освітньої сфери України. Обґрунтовано, що при побудові оптимальної індивідуальної траєкторії навчання, необхідне використання баз знань, як інструменту для створення та забезпечення роботи систем дистанційного навчання. Наведено характеристики онтологій та показано OWL, як найпоширенішу мову подання онтологій. Проведений огляд програмного забезпечення систем дистанційного навчання показав доцільність використання MOODLE та підготовки навчальних матеріалів у стандарті SCORM. Обґрунтовано визначальну роль рівня знань студента та складності навчальних фрагментів для зменшення часових параметрів індивідуальної траєкторії навчання. Показано важливість адаптивного навчання і адаптивного тестування для формування індивідуальної траєкторії навчання і зниження часу навчання,

шляхом запровадження комп'ютерного адаптивного тестування та оцінки рівня знань і складності завдань за допомогою IRT.

У другому розділі запропоновано побудову індивідуальної траєкторії навчання в системі дистанційного навчання MOODLE з використанням пакету SCORM, нечіткий підхід до зміни складності тестових питань, а також оптимальний вибір навчальних ресурсів з використанням елементів семантики.

Розроблено метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів, який включає модель скорочення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання, що дало можливість скоротити час навчання та тестування.

Удосконалено модель пірамідального тестування, яка, в порівнянні з тематично блоковим тестуванням, зменшує час тестування. Удосконалено онтологію навчального фрагмента з інтеграцією в середовищі системи дистанційного навчання MOODLE, стандарту SCORM і системи баз знань Protégé, яка, шляхом введення критерію складності навчального фрагмента і нормативного часу його вивчення, дає можливість здійснювати підбір навчальних фрагментів, раціональний за часом і складністю.

Розроблено нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання, яка відрізняється від аналогів врахуванням рівня знань студента, змістовної складової і складності навчального фрагмента, що дозволило розширити онтологію навчального фрагмента. Розроблено нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування на основі правильності відповідей студента на поточний блок питань, складності поточного блоку питань і витраченого часу, яка, в порівнянні, з існуючими моделями тестування, дозволила прискорити процес тестування і мотивувати студента.

У третьому розділі реалізовано метод формування індивідуальної траєкторії навчання в системі дистанційного навчання MOODLE з використанням стандарту SCORM. При цьому студент забезпечується теоретичним матеріалом, вправами для вивчення теорії, інструктивними матеріалами, відповідно до свого рівня знань. Особливості моделі студента впливають на видачу студенту навчального

матеріалу відповідно до його рівня знань. Формування індивідуальної траєкторії навчання та тестування студентів реалізовано із застосуванням нечіткого підходу та нечіткої онтології індивідуальної траєкторії навчання.

У четвертому розділі на основі запропонованих методів і моделей розроблено інформаційну технологію, що дозволило реалізацію комп'ютеризованого формування індивідуальної траєкторії навчання для кожного студента з урахуванням його рівня знань, а також типу і складності навчальних фрагментів, що входять в індивідуальну траєкторію навчання. Результати експериментальних досліджень з використанням розробленого програмного забезпечення підтверджують вірність наукових положень запропонованої інформаційної технології, оскільки її впровадження дозволило при адаптивному тестуванні врахувати складність завдань, адаптувати тести до потреб студента, підвищити мотивацію студентів і скоротити час виконання адаптивних тестів.

У роботі вперше розроблено метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів і скороченням часу проходження індивідуальної траєкторії навчання, що дало можливість зменшити час навчання та тестування; розроблено нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання, яка відрізняється від аналогів врахуванням рівня знань студента, змістової складової та складності навчального фрагмента, що дало можливість розширити онтологію навчального фрагменту; розроблено нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування на основі правильності відповідей студента на поточний блок питань, складності поточного блоку питань і затраченого часу; удосконалено модель пірамідального тестування, яка, в порівнянні з тематично-блочним тестуванням, зменшує час тестування; отримала подальшого розвитку онтологія навчального фрагменту з інтеграцією в середовищі системи дистанційного навчання MOODLE, стандарту SCORM та системи баз знань Protégé.

Проаналізовано існуючі методи та інформаційні технології для комп'ютеризації навчання. За результатами огляду програмного забезпечення систем дистанційного навчання підтверджено доцільність використання СДН

MOODLE, а також підготовки навчальних матеріалів у стандарті SCORM для навчання та самопідготовки студентів та слухачів курсів підвищення кваліфікації. Обґрунтовано, що сучасне дистанційне навчання повинно адаптуватися до індивідуальних особливостей студента при організації контролю знань і побудові індивідуальної траєкторії навчання.

Досліджено шляхи покращення використання технологій семантичного вебу для Web-серверного зберігання і видачі навчальної інформації користувачеві на базі онтології з доповненням їх метаданими в стандарті SCORM. Зокрема, запропоновано додати до метаданих навчального фрагменту його тип, складність та нормативний час вивчення, що дозволить більше ефективно готувати навчальний матеріал.

Розроблено і програмно реалізовано алгоритм адаптивного навчання з використанням навігації в мережі навчальних фрагментів з вибором навчальних фрагментів відповідно до їх типу. Експериментально підтверджено, що це дає можливість зменшити час навчання студента, з кількістю навчальних фрагментів певного рівня складності і рівнем підготовки студента, на 20%.

Запропоновано метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу, рівня знань студентів та індивідуальної траєкторії навчання, з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів і зменшенням часу проходження індивідуальної траєкторії навчання. Вдосконалено модель пірамідального тестування, яку реалізовано у вигляді плагіну для системи дистанційного навчання MOODLE. На основі запропонованого методу і вдосконаленої моделі розроблено і програмно реалізовано алгоритм адаптивного тестування. В результаті експериментальних досліджень підтверджено, що час виконання адаптивних тестів скорочується приблизно на 25%.

Розроблено нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання і визначення часу її проходження для розширення онтології навчального фрагменту шляхом введення нечіткого критерію складності навчального фрагменту і нормативного часу його вивчення для підбору навчальних фрагментів

з раціональною складністю і мінімальним часом вивчення. Реалізація моделі на редакторі онтологій Protégé показала, що при цьому суттєво розширюється онтологія навчального фрагменту.

Розроблено нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування для зміни складності наступних блоків тестових питань та визначення рівня знань студентів. Її програмна реалізація на MatLab підтвердила, що дана модель, порівняно з існуючими моделями тестування, дозволяє зменшити час тестування і мотивувати студента.

Розроблено модель формування набору навчальних фрагментів з врахуванням рівня знань студентів та складності навчальних фрагментів. У результаті її програмної реалізації на основі пакету SCORM створено можливість трансформації системи дистанційного навчання MOODLE в категорію адаптивних систем.

Проведено статистичну оцінку розробленої інформаційної технології та виконано її порівняння з відомими аналогами, що підтвердило достовірність отриманих результатів.

*Ключові слова:* комп'ютерне адаптивне тестування, система дистанційного навчання, MOODLE, пакет SCORM, індивідуальна траєкторія навчання, навчальний фрагмент, онтологія, метадані.

#### *Список публікацій здобувача*

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Коваль В. С. Проектна архітектура інформаційного порталу дистанційного навчання засобами семантичного вебу / В. С. Коваль, Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 3(39). – С. 128-136.
2. Лендюк Т. В. Моделювання комп'ютерного адаптивного навчання і тестування / Т. В. Лендюк // Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник. – Одеса, 2013. – Вип. 1(40). – С. 110-

115. (індексована наукометричними базами Index Copernicus, Ulrich's periodicals directory).

3. Лендюк Т.В. Інформаційна технологія формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів / Т.В. Лендюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – № 3 (56). – С. 213-221. (індексована наукометричною базою Index Copernicus).

4. Лендюк Т.В. Знание-ориентированная информационная технология для построения системы адаптированного обучения / Т.В. Лендюк // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2016. – № 5. – С. 16-21.

5. Васильків Н.М. Нечітка система розподілу завдань для тестування студентів / Н.М. Васильків, Л.О. Дубчак, Т.В. Лендюк, І.В. Турченко // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. Том 7, Випуск 2. – Чернівці: ЧНУ, 2016. – С. 20-24.

6. Лендюк Т.В. Нечітка модель формування індивідуальної траєкторії навчання та побудова онтології на її основі / Т.В. Лендюк, Н.М. Васильків // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2017. – Том 7. – № 1-2. – С. 103-112.

7. Лендюк Т. В. Оптимізація ресурсних і якісних обмежень в управлінні освітніми проектами / Т. В. Лендюк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2010. – №4, Т.1. – С. 60-68.

8. Лендюк Т. В. Адаптивне навчання та нечітка логіка при побудові індивідуальної траєкторії навчання // Т. В. Лендюк // Електронне наукове фахове видання «Глобальні та національні проблеми економіки». Липень 2015. – випуск № 6. – С. 959-964.

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

9. Lendyuk T. Project Management Using in Distance Education / T. Lendyuk, S. Rippa, E. Strime // Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on

Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2003, Lviv, Ukraine, September 8-10, 2003. – pp. 503-507. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

10. Лендюк Т. В. Використання проектного менеджменту в освіті та дистанційному навчанні / Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці та бізнесі», тези IV міжнародної науково-практичної конференції, (Ірпінь, травень 2003 р.). – С. 586-588.

11. Lendyuk T. Models of Project Resources Using / T. Lendyuk, R. Pasichnyk, S. Rippa, S. Voznyak // Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2005, Sofia, Bulgaria, September 5-7, 2005. – pp. 717-722. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

12. Rippa S. Selection of Alternative Projects Using Data Mining / S. Rippa, T. Lendyuk // Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2007, Dortmund, Germany, September 6-8, 2007. – pp. 550-554. (індексована наукометричною базою Scopus).

13. Ріппа С. П. Інформаційно-комунікаційні технології як фактор глобалізації освіти / С. П. Ріппа, Т. В. Лендюк // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці», 23-24 квітня 2009 року, Частина 2, Ірпінь 2009. – С. 158-161.

14. Lendyuk T. Optimization of Resource and Qualitative Limitations in Management of Education Projects / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2009, Rende, Italy, September 21-23, 2009. – pp. 591-596. (індексована наукометричною базою Scopus).

15. Lendyuk T. Information Portal of E-Learning System in Semantic Web Environment / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems:



Technology and Applications IDAACS'2011, Prague, Czech Republic, September 15-17, 2011. – pp. 637-641. (індексована наукометричною базою Scopus).

16. Коваль В. С. Система дистанційного навчання як інформаційний портал в середовищі семантичного Вебу / В. С. Коваль, Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали II Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2012. – Тернопіль: ТНЕУ, 2012. – С. 179-180.

17. Lendyuk T. Simulation of Computer Adaptive Learning and Improved Algorithm of Pyramidal Testing / T. Lendyuk, S. Rippa, S. Sachenko // Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2013, Berlin, Germany, September 12-14, 2013. – pp. 764-769. (індексована наукометричною базою Scopus).

18. Лендюк Т. В., Саченко С. І. Знання-орієнтований підхід до побудови індивідуальної траєкторії навчання / Т. В. Лендюк, С. І. Саченко // Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті : [матеріали XIV міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 29 червня – 3 липня 2015 року], С. 198-202.

19. Лендюк Т. В. Використання нечіткої логіки для формування індивідуальної траєкторії навчання / Т. В. Лендюк // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Українська наука: проблеми сьогодення та перспективи розвитку», Київ, 24-25.07.2015, – С. 44-47.

20. Lendyuk T. Fuzzy Rules for Tests Complexity Changing for Individual Learning Path Construction / T. Lendyuk, S. Sachenko, S. Rippa, G. Sapojnyk // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015. – pp. 945-948. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

21. Lendyuk T. Individual Learning Path Building on Knowledge-based Approach / T. Lendyuk, A. Melnyk, S. Rippa, I. Golyash, S. Shandruk // Proceedings of

8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015. – pp. 949-954. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

22. Лендюк Т. В. Формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням знання-орієнтованого і нечіткого підходів / Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа, С. І. Саченко // Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи [матеріали XV Міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 4–8 липня 2016 року]. – С. 279-283.

#### ANNOTATION

*Lendyuk T. V.* Knowledge-Oriented Methods and Information Technology for Construction of Education Computerization Systems. The manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.13.06 –information technologies. – Ternopil National Economic University Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil, 2017.

The thesis is devoted to the study of the formation of an individual learning path, ontology of the discipline and reduction of the learning and testing time.

In dissertation there is presented investigation and developed methods and tools of information technology for individual learning path forming.

The purpose of the dissertation is the knowledge-oriented forming of individual learning path to support adaptive learning using elements of semantics, which ensures the differentiation of learning material in the environment of the computerized learning system for students in accordance with their level of knowledge and complexity of the learning material, as well as reduces the time of learning material studying and testing.

In the first chapter section the state of the educational sphere of Ukraine is analyzed. It is grounded that during generating of the optimal individual learning path, the use of knowledge bases is needed as a tool for creating and maintaining of the learning management system functioning. The ontology characteristics are shown and

OWL is considered as the most commonly used language for ontology representing. An overview of the learning management system software showed the feasibility of using MOODLE and learning material preparation in SCORM standard. The significant role of student's level of knowledge and the complexity of learning objects for the reduction of the time parameters of the individual learning path is grounded. The importance of adaptive learning and adaptive testing for the individual learning path forming and reduction of learning time is demonstrated by introducing of computer adaptive testing and assessing the level of knowledge and tasks complexity using IRT.

In second chapter is proposed forming of an individual learning path in learning management system MOODLE using the SCORM package, the fuzzy approach for changing the complexity of test questions, as well as optimal choice of learning resources using their semantic.

There is developed the method of individual learning path forming with consideration of learning material complexity and students knowledge level, which includes a model for reducing learning time for passing of individual learning path, which made possible to reduce learning and testing time.

There was improved pyramidal testing model, which, in comparing with thematic block testing, reduces testing time. The ontology of learning object has been improved with the integration into environment of the learning management system MOODLE, the SCORM standard and knowledge bases editor Protégé, which, by introducing the criterion of learning object complexity and standard time of its study, makes possible to select the learning object with rational learning time and complexity.

The fuzzy model of individual learning path forming is developed. This model is different from the analogues taking into account the level of student knowledge, the content component and the learning object complexity, which allowed extending the learning object ontology. The fuzzy model of computer adaptive testing is developed on the base of correctness of student responses on current block of questions, the complexity of current block of questions and testing time, which, in comparison with existing testing models, allowed accelerating the testing process and motivating the student.

In dissertation the method of individual learning path forming in learning management system MOODLE using the SCORM standard is realized. In this case students are provided with theoretical material, exercises for theory understanding and instructional materials, in accordance with their level of knowledge. The features of a student model influence on delivery of learning material to student according to his knowledge level. Forming of individual learning path and students testing is realized with usage of fuzzy approach and fuzzy ontology of individual learning path.

In the fourth chapter on the base of proposed methods and models, information technology has been developed that allow the implementation of a computerized formation of an individual learning path for each student, taking into account his level of knowledge, as well as the type and complexity of learning objects which are included into individual learning path. The results of experimental studies using the developed software confirm the fidelity of the scientific provisions of the proposed information technology, since its implementation allowed adaptive testing to take into account the tasks complexity, adapt the tests to the needs of the student, enhance student motivation and reduce the time of adaptive tests.

In thesis there is developed for the first time the method of individual learning path forming, taking into account the complexity of learning material and the level of students knowledge with reduction of the learning time for individual learning path, which made possible to reduce the time of learning and testing; there is developed the fuzzy model of individual learning path forming, which differs from the analogues taking into account the level of student knowledge, course content and learning object complexity, which made it possible to extend the ontology of learning object; there is developed the fuzzy model of computer adaptive testing based on the correctness of student responses to current block of questions, the complexity of current block of questions and time of testing; the model of pyramidal testing is improved, which, in comparison with thematic block testing, reduces the time of testing; there was developed the ontology of learning object with integration in environment of MOODLE learning management system, the SCORM standard and Protégé knowledge bases editor.

The existing methods and information technologies for computerization of learning are analyzed. As a result of review of distance management systems software was proposed the using the MOODLE, as well as the preparation of learning materials in SCORM standard for students training and self-training has been confirmed. It is substantiated that modern distance learning should adapt to student individual characteristics at knowledge control organization and forming of an individual learning path.

The ways of improving the use of semantic web technologies for Web-server storage and presenting of learning information to the user on the basis of ontology with the addition of learning objects metadata in the SCORM standard have been explored. In particular, it is proposed to add to learning object metadata of its type, complexity and normative time of study, which allow preparing learning material more effectively.

An adaptive learning algorithm was developed and realized using the navigation in the set of learning objects with the choice of learning objects according to their type. It has been experimentally confirmed that this makes possible to reduce the student learning time, with the number of learning objects of certain level of complexity and the level of student's training by 20%.

The method of individual learning path forming taking into consideration the complexity of the learning material, the level of students' knowledge and the individual learning path, with the consideration of the complexity of learning material and the level of students' knowledge and the reduction of the learning time for individual learning path is proposed. The model of pyramidal testing which is realized as MOODLE plugin has been improved. On the basis of the proposed method and the improved model, an adaptive testing algorithm was developed and realized. As a result of experimental studies, it has been confirmed that the time of adaptive testing is reduced by about 25%.

The fuzzy model of individual learning path forming and the determination of the learning time for expanding the ontology of learning object is developed by introducing a fuzzy criterion of learning object complexity and the normative learning time for the selection of learning objects with rational complexity and the minimal learning time.

The implementation of the model on Protégé ontology editor showed that the ontology of the learning object is substantially expanded.

The fuzzy model of computer adaptive testing has been developed to change the complexity of next blocks of test questions and to determine the level of students' knowledge. Its software implementation on MatLab has confirmed that this model, in comparison with existing testing models, allows reducing the time of testing and motivating the student.

The model for forming of a set of learning objects taking into account the level of students' knowledge and the complexity of learning objects is developed. As a result of its software implementation on the basis of SCORM package, the possibility of transforming the MOODLE into the category of adaptive systems was created.

The statistical estimation of the developed information technology is carried out and its comparison with known analogues is made, which confirmed the reliability of obtained results.

*Keywords:* computer adaptive testing, learning management system, MOODLE, SCORM package, individual learning path, learning object, ontology, metadata.

#### *References by the topic of dissertation*

##### *Research papers that contain basic results of dissertation:*

1. Koval V. S. The Information Portal Project Architectures of E-Learning System by Means of Semantic Web / V. S. Koval, T. V. Lendyuk, S. P. Rippa // Project Management and Development of Production: Collection of Scientific Papers. – Lugansk: Publishing House of V. Dahl Eastern Ukrainian National University, 2011. – no. 3(39). – pp. 128-136.

2. Lendyuk T. V. simulation of computer adaptive learning and testing / T. V. Lendyuk // Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi: Scientific, science and technology collected articles. – Odesa, 2013. – Iss. 1(40). – pp. 110-115. (Indexed by Scientific Bases Index Copernicus, Ulrich's periodicals directory).

3. Lendyuk T.V. Information Technology of Individual Learning Paths Forming Taking into Account Complexity of Educational Material and Students Knowledge /

T.V. Lendyuk // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – 2016. – no. 3 (56). – pp. 213-221. (indexed by Scientific Base Index Copernicus).

4. Lendyuk T.V. Knowledge-oriented Information Technology for Design of Adapted Learning System / T.V. Lendyuk // Transactions of Brest State Technical University. – 2016. – no. 5. – pp. 16-21.

5. Vasylykiv N.M. Fuzzy System of the Task Distribution for Testing Students / N.M. Vasylykiv, L.O. Dubchak, T.V. Lendyuk, I.V. Turchenko // Naukovy Visnyk Chernivetskogo Natsionalnogo Universitetu. Series: Computer systems and components. – Volume 7, issue 2. – Chernivtsi: ChNU, 2016. – pp. 20-24.

6. Lendyuk T.V. Fuzzy Model of Individual Learning Path Forming and Ontology Design on its Basis / T.V. Lendyuk, N.M. Vasylykiv // Informatics and Mathematical Methods in Simulation. – 2017. – Vol. 7. No. 1-2. – pp. 103-112.

7. Lendyuk T. V. Optimization of Resource and Qualitative Restrictions in Education Projects Management / T. V. Lendyuk // Transactions of Khmelnytsky National University. Economic Sciences. – 2010. – no. 4, vol. 1. – pp. 60-68.

8. Lendyuk T. V. Adaptive Learning and Fuzzy Logic at Forming of an Individual Learning Path // T. V. Lendyuk // Electronic Scientific Journal «Global and National Problems of Economy», July 2015, issue 6, pp. 959-964.

*Research papers that prove approbation of materials:*

9. Lendyuk T. Project Management Using in Distance Education / T. Lendyuk, S. Rippa, E. Strime // Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2003, Lviv, Ukraine, September 8-10, 2003. – pp. 503-507. (indexed by scientific bases Web of Science, Scopus).

10. Lendyuk T. V. Use of Project Management in Education and Distance Learning / T. V. Lendyuk, S. P. Rippa // Proceedings of the IV International Conference of Problems of Introduction of Information Technologies into Economy and Business, Irpin, May 2003, pp. 586-588.

11. Lendyuk T. Models of Project Resources Using / T. Lendyuk, R. Pasichnyk, S. Rippa, S. Voznyak // Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on

Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2005, Sofia, Bulgaria, September 5-7, 2005. – pp. 717-722. (indexed by scientific bases Web of Science, Scopus).

12. Rippa S. Selection of Alternative Projects Using Data Mining / S. Rippa, T. Lendyuk // Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2007, Dortmund, Germany, September 6-8, 2007. – pp. 550-554. (indexed by scientific base Scopus).

13. Rippa S. P. Information and Communication Technologies as a Factor of Education Globalization / S. P. Rippa, T. V. Lendyuk // Proceedings of the VII International Conference «Problems of Information Technologies Implementation into Economy», Irpin, 23-24 April 2009, vol. 2, pp. 158-161.

14. Lendyuk T. Optimization of Resource and Qualitative Limitations in Management of Education Projects / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2009, Rende, Italy, September 21-23, 2009. – pp. 591-596. (indexed by scientific base Scopus).

15. Lendyuk T. Information Portal of E-Learning System in Semantic Web Environment / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2011, Prague, Czech Republic, September 15-17, 2011. – pp. 637-641. (indexed by scientific base Scopus).

16. Koval V. S. The System of Distance Learning as an Information Portal in the Semantic Web Environment / V. S. Koval, T. V. Lendyuk, S. P. Rippa // Proceedings of the 2nd National Seminar of Young Scientist and Students on Advanced Computer Information Technologies ACIT'2012, Ternopil: TNEU, 2012, pp. 179-180.

17. Lendyuk T. Simulation of Computer Adaptive Learning and Improved Algorithm of Pyramidal Testing / T. Lendyuk, S. Rippa, S. Sachenko // Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced



Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2013, Berlin, Germany, September 12-14, 2013. – pp. 764-769. (indexed by scientific base Scopus).

18. Lendyuk T. V. Knowledge-oriented Approach to Forming of an Individual Learning Path / T. V. Lendyuk, S. I. Sachenko // Proceedings of the XV International Seminar on Modern Problems of Informatics in Management, Economy, Education, Kyyiv – Svityaz, 29 June – 3 July 8, 2015, pp. 198-202.

19. Lendyuk T. V. Using of Fuzzy Logic for Individual Learning Path Forming / T. V. Lendyuk // Proceedings of the XVII International Conference «Ukrainian Science: Problems of Nowadays and Prospective of Development», Kyyiv, 24-25.07.2015, pp. 44-47.

20. Lendyuk T. Fuzzy Rules for Tests Complexity Changing for Individual Learning Path Construction / T. Lendyuk, S. Sachenko, S. Rippa, G. Sapojnyk // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015. – pp. 945-948. (indexed by scientific bases Web of Science, Scopus).

21. Lendyuk T. Individual Learning Path Building on Knowledge-based Approach / T. Lendyuk, A. Melnyk, S. Rippa, I. Golyash, S. Shandruk // Proceedings of 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015. – pp. 949-954. (indexed by scientific bases Web of Science, Scopus).

22. Lendyuk T. V. Forming of Individual Learning Path Using Knowledge Oriented and Fuzzy Approaches / T. V. Lendyuk, S. P. Rippa, S. I. Sachenko // Proceedings of the XV International Seminar on Modern Problems of Informatics in Management, Economy, Education and in Overcoming of Consequence of the Chernobyl Accident, Kyyiv – Svityaz, 4–8 July 2016, pp. 279-283.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	12
1.1 Забезпечення можливості освіти як основна складова людського розвитку .....	12
1.2 Дистанційне навчання як основна складова комп'ютеризації освіти .....	15
1.3 Бази знань для інформатизації дистанційного навчання .....	22
1.4 Вибір перспективного напрямку досліджень і постановка задачі.....	48
Висновки за розділом 1 .....	53
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНИХ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ .....	54
2.1 Метод формування індивідуальної траєкторії навчання.....	54
2.2 Онтологія навчальної дисципліни .....	71
2.3 Нечітка модель формування індивідуальної траєкторії навчання.....	81
2.4 Нечітка модель комп'ютерного адаптивного тестування .....	84
Висновки за розділом 2 .....	88
РОЗДІЛ 3 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ БАЗ ЗНАНЬ ДЛЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ.....	89
3.1 Метод формування індивідуальної траєкторії навчання з приховуванням навчального матеріалу .....	89
3.2 Визначення загальної тривалості індивідуальної траєкторії навчання .....	94
3.3 Реалізація нечіткої онтології навчальної дисципліни .....	101
3.4 Реалізація нечіткої системи комп'ютерного адаптивного тестування .....	112
Висновки за розділом 3 .....	119
РОЗДІЛ 4 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ.....	121

4.1 Структура програмного забезпечення та алгоритми функціонування системи комп'ютеризованого навчання.....	121
4.2 Програмна реалізація системи.....	127
4.3 Статистична оцінка розробленої інформаційної технології.....	130
Висновки за розділом 4.....	136
ВИСНОВКИ.....	137
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	139
Додаток А Дистанційне навчання.....	157
Додаток Б Перевід логітів у різні системи оцінювання.....	159
Додаток В Тексти програм у форматі XML.....	160
Додаток Г Нечіткі правила побудови індивідуальної траєкторії навчання.....	163
Додаток Д Відповідність вхідних та вихідної змінних при проведенні нечіткого комп'ютерного адаптивного тестування.....	165
Додаток Е Нечіткі правила комп'ютерного адаптивного тестування.....	168
Додаток Ж Результати роботи програми.....	173
Додаток И Фрагменти програми модуля адаптивного навчання та тестування з використанням стандарту SCORM.....	175
Додаток К Наукові праці здобувача.....	185
Додаток Л Опубліковані праці апробаційного характеру.....	189
Додаток М Акти впровадження результатів дисертаційної роботи.....	191

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД	– база даних;
БЗ	– база знань;
ВНЗ	– вищий навчальний заклад;
ДН	– дистанційне навчання;
ІКТ	– інформаційно-комунікаційні технології;
ІТ	– інформаційні технології;
КАТ	– комп'ютеризоване адаптивне тестування;
ПЗ	– програмне забезпечення;
Про	– предметна область;
СДН	– система дистанційного навчання;
СКН	– система комп'ютеризованого навчання;
AHS	– адаптивні гіпермедійні системи (Adaptive Hypermedia System);
HTML	– мова розмітки гіпертексту (Hypertext Markup Language);
MOODLE	– модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище (Modular Object-oriented Dynamic Learning Environment);
OWL	– мова веб-онтологій (Web Ontology Language);
RDF	– система опису ресурсів (Resource Description Framework);
SCO	– спільно використовувані об'єкти змісту (Sharable Content Object);
SCORM	– еталонна модель спільно використовуваних об'єктів змісту навчального матеріалу (Sharable Content Object Reference Model);
URI	– уніфікований ідентифікатор ресурсів (Uniform Resource Identifier);
XML	– розширювана мова розмітки (eXtensible Markup Language).

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У наш час розвиток освіти неможливий без її комп'ютеризації. Незважаючи на те, що комп'ютерна техніка та спеціальне програмне забезпечення досить широко використовуються в навчальному процесі, проблема вдосконалення комп'ютеризації освіти є однією з найактуальніших у вищій школі.

Одним із ефективних підходів до комп'ютеризації освіти є застосування систем дистанційного навчання (СДН). Їх вдосконалення на основі концепції розвитку дистанційної освіти в Україні згідно нормативних документів Міністерства освіти і науки Україна повинно забезпечити підвищення конкурентоспроможності вищої школи та якість підготовки випускників вищих навчальних закладів.

Разом з тим, слід відмітити, що підготовка навчального матеріалу для системи дистанційного навчання та його семантична побудова у сховищі метаданих вимагає індивідуального формування навчального матеріалу і руху студентів по ньому. Крім того, електронні навчальні матеріали, створені у різних СДН, часто є несумісними, що спричинено їх різними форматами. До проблемних задач слід віднести надмірну тривалість тестування і навчання в СДН.

У проблематику досліджень комп'ютеризації процесу навчання та оптимізації навчального контенту з використанням інформаційних технологій зробили вагомий внесок такі науковці, як В. С. Аванесов, С. Г. Антощук, Г. А. Атанов, В. Д. Гогунський, М. З. Згуровський, В. М. Кухаренко, Д. В. Панкратов, В. В. Пасічник, Т. А. Таран, В. М. Томашевський, В. М. Тонконогий, П. І. Федорук, М. Б. Челишкова, А. Бірнбаум, П. Брусиловський, Д. Вейсс, Н. Краудер, Ф. М. Лорд, Р. Міллер, Г. Раш, Б. Ф. Скіннер, С. Тассо, Е. Шварц. Проблеми комп'ютеризації процесу тестування і обробки його результатів достатньо повно досліджені в літературі. Однак задачі автоматизації формування банку тестових завдань досліджено значно менше.

Серед науковців що працювали над даним питанням, варто відзначити О. І. Башмакова, А. Н. Швецова, О. О. Гагаріна, С. В. Титенка

Однак, незважаючи на прогрес у дослідженні цієї проблематики, недостатньо вивченими залишаються: знання-орієнтована побудова індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням онтології навчальної дисципліни, порівняно тривале навчання і тестування в СДН, що свідчить про актуальність вибраної теми дисертації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** За основними напрямками дослідження робота відповідає Концепції Національної програми інформатизації України, схваленій Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 року №75/98-ВР. Частина робіт виконана в рамках спільного Україно-Молдовського науково-дослідного проекту «Дистрибутивні сенсорні мережі з реконфігурацією обчислювальних вузлів» (№ ДР 0115U004816) і держбюджетного прикладного дослідження на тему «Методи захисту від комп'ютерних атак на основі нейронних мереж і штучних імунних систем» (№ ДР 0116U002499), що виконувались на кафедрі інформаційно-обчислювальних систем і управління Тернопільського національного економічного університету, а також «Розробка системи електронної освіти з елементами дистанційного навчання в органах Державної податкової служби України», (№ ДР 0102U002308), «Створення віртуальної бібліотеки для системи електронної освіти, дистанційного навчання, перепідготовки і підвищення кваліфікації працівників ДПС України», (№ ДР 0102U005744) та «Застосування методів та засобів інтелектуального аналізу даних в складі ризико-орієнтованої системи адміністрування податків», (№ ДР 0109U000115), які виконувались у Науково-дослідному центрі з проблем оподаткування Університету державної фіскальної служби України. Особистий внесок автора полягає в розробці адаптивного навчання та тестування, які використовують нечіткий підхід і елементи семантики та забезпечують диференціацію навчального матеріалу, що дає можливість гнучкого формування начального матеріалу для студентів з різним рівнем знань.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є знання-орієнтоване формування індивідуальної траєкторії навчання для забезпечення адаптивного навчання з використанням елементів семантики, що забезпечує диференціацію навчального матеріалу у середовищі системи комп'ютеризованого навчання для студентів відповідно до їх рівня знань та складності навчального матеріалу, а також скорочує час вивчення навчального матеріалу і тестування.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

1) проаналізувати існуючі моделі та інформаційні технології управління системою комп'ютеризації навчання і вибрати перспективні напрямки досліджень;

2) дослідити семантику та метадані навчальних фрагментів, а також адаптацію навчального матеріалу до індивідуальних особливостей студентів для формування набору навчального матеріалу;

3) розробити алгоритм адаптивного навчання з використанням навігації в мережі навчальних фрагментів;

4) розробити метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів, що включає модель скорочення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання та вдосконалений алгоритм пірамідального тестування;

5) розробити нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання і визначення часу її проходження для введення в онтологію навчального фрагменту нечіткого критерію складності навчального фрагменту і нормативного часу його вивчення для підбору навчальних фрагментів з раціональною складністю і мінімальним часом вивчення;

6) розробити нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування для зміни складності наступних блоків тестових питань та визначення рівня знань студентів;

7) розробити модель формування набору навчальних фрагментів з врахуванням рівня знань студентів та складності навчальних фрагментів;

8) провести статистичну оцінку розробленої інформаційної технології та порівняти її з відомими аналогами.

**Об'єктом дослідження** є процес формування навчального матеріалу з врахуванням його складності, рівня знань студента і семантичної розмітки для системи адаптивного електронного навчання з використанням інформаційних технологій.

**Предмет дослідження** – методи і засоби інформаційної технології побудови індивідуальної траєкторії навчання.

**Методи дослідження.** Дослідження, виконані під час роботи над дисертацією, ґрунтуються на використанні класичної теорії тестів та Item Response Theory, семантики та онтології, методу адаптивного управління структурою процесу навчання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Отримані автором основні результати, що складають наукову новизну, полягають в наступному:

1. Вперше розроблено метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів і скороченням часу проходження індивідуальної траєкторії навчання, що дало можливість зменшити час навчання та тестування.

2. Розроблено нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання, яка відрізняється від аналогів врахуванням рівня знань студента, змістової складової та складності навчального фрагмента, що дало можливість розширити онтологію навчального фрагменту.

3. Розроблено нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування на основі правильності відповідей студента на поточний блок питань, складності поточного блоку питань і затраченого часу, яка, порівняно з існуючими моделями тестування, дала змогу пришвидшити процес тестування і мотивувати студента.

4. Удосконалено модель пірамідального тестування, яка, в порівнянні з тематично-блочним тестуванням, зменшує час тестування.

5. Отримала подальшого розвитку онтологія навчального фрагменту з інтеграцією в середовищі системи дистанційного навчання MOODLE, стандарту



SCORM та системи баз знань Protégé, яка, шляхом введення критерію складності навчального фрагменту і нормативного часу його вивчення, дає можливість здійснювати підбір навчальних фрагментів, раціональний за часом і складністю.

**Практичне значення одержаних результатів.** В результаті виконаного дисертаційного дослідження, на основі розроблених методів і засобів, реалізована та впроваджена інформаційна технологія побудови індивідуальної траєкторії навчання. Результати експериментальних досліджень підтверджують правильність наукових положень дисертаційної роботи, оскільки впровадження інформаційної технології побудови індивідуальної траєкторії навчання знижує час навчання на 20-25% у порівнянні з відомими рішеннями.

Теоретичні та практичні результати роботи використані: приватним підприємством «МагнетікВан» (м. Тернопіль); Науково-дослідним інститутом інтелектуальних комп'ютерних систем (Тернопільський національний економічний університет, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України); в навчальному процесі Тернопільського національного економічного університету, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича та Університету державної фіскальної служби України.

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові результати, викладені у дисертаційній роботі, отримані автором особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належить: у [11] – нечітка модель розподілу завдань при тестуванні студентів; у [45] – нечітка онтологія дисципліни; у [31, 32, 119] – підхід до проектування Web-онтології «Навчальна дисципліна», яка може використовуватись для розробки Web-орієнтованих навчальних ресурсів і для підтримки дистанційного освітнього процесу в середовищі семантичного вебу; у [48, 120-122, 133] – методика реалізації проектів з дистанційного навчання; у [69] – перетворення системи дистанційного навчання MOODLE в адаптивну систему за допомогою стандарту SCORM; у [123] – вдосконалена модель пірамідального тестування; [49, 118] – схема адаптивного навчання; у [42, 117] – нечіткі правила узгодження рівня складності питань при адаптивному тестуванні в системах дистанційного навчання, а також вибір

оптимального часу відповіді на кожне питання або блок питань залежно від їх складності.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні результати дослідження апробовані на 14 міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема: IV міжнародна науково-практична конференція «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці та бізнесі» (Ірпінь, травень 2003 р.); II, III, IV, V міжнародні IEEE симпозиуми «Інтелектуальні засоби збору даних і сучасні обчислювальні системи: розробка та застосування» (Львів, Україна, 2003 р.; Софія, Болгарія, 2005 р.; Дортмунд, Німеччина, 2007 р.; Ренде, Італія, 2009 р.); VI, VII та VIII IEEE конференції «Інтелектуальні засоби збору даних і сучасні обчислювальні системи: розробка та застосування» (Прага, Чеська республіка, 2011 р.; Берлін, Німеччина, 2013 р.; Варшава, Польща, 2015 р.); VII міжнародна науково-практична конференція «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці», (Ірпінь, 2009); II Всеукраїнська школа-семінар молодих вчених і студентів «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології» АСІТ'2012, Тернопіль, 2012; Перша україно-німецька конференція «Інформатика. Культура. Техніка», Одеса, 2013 р.; XIV міжнародний науковий семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті», Київ – оз. Світязь, 2015 р.; XVII Міжнародна науково-практична конференція «Українська наука: проблеми сьогодення та перспективи розвитку», Київ, 2015; XV міжнародний науковий семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи» Київ – оз. Світязь, Київ, 2016.

**Публікації.** За результатами проведених наукових досліджень опубліковано 22 друковані праці, серед них 7 статей у фахових виданнях, з них 4 одноосібних, одна стаття у науково-теоретичному закордонному журналі, 14 доповідей і тез у збірниках вітчизняних та міжнародних наукових конференцій, з них одна одноосібна. Вісім публікацій індексовано у науково-метричних базах Web of Science і Scopus.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 195 сторінок, із яких 134 сторінки основного тексту. Робота містить 65 рисунків, 19 таблиць та 11 додатків. Список використаних джерел включає 149 найменувань на 18 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1 Забезпечення можливості освіти як основна складова людського розвитку

Наукова та освітня сфери України є визначають соціально-економічний прогрес. Глобалізація, швидкий розвиток наукових досліджень, нові ІТ вимагають пришвидшеного та інноваційного розвитку освіти і науки, створення умов для інтелектуального та духовного розвитку особистості. Цього вимагає і входження України в Європейський простір, де активно впроваджуються освітні інновації [52].

Інформаційне суспільство – нова фаза розвитку цивілізації, в котрій найважливішим продуктом виробництва стає інформація. Цивілізація пережила дві революції (аграрну та індустріальну) і переживає третю – інформаційну. Одним із основних механізмів формування інформаційного суспільства є інформатизація, що представляє науково-технічний, організаційний і соціально-економічний процес створення оптимальних умов для задоволення інформаційних потреб суспільства із застосуванням сучасних ІТ [18].

У країнах з розвинутою економікою витрати на освіту мають значний рівень і постійно зростають. Освіта стає елементом стратегії економічного зростання. Для розвинутих країн величина витрат на освіту складає близько 5-7% від внутрішнього валового продукту на рік. В Україні за останні роки цей показник також доведений до 7%, однак якісно вітчизняна освіта поступається іноземній. Витрати на науку в Україні складають менше 1% внутрішнього валового продукту, при світовій нормі – 1,7% [55].

Люди є найвищою цінністю кожної країни і найбільшим її багатством, або іншими словами людським капіталом. За оцінкою Світового банку людський капітал перевищує 80% усіх виробничих багатств у Японії і 60% у США. У Австралії та Канаді, котрі володіють величезними природними ресурсами та

відносно нечисельним, але високо освіченим населенням, частина людського капіталу становить 20% виробничих багатств цих країн.

Людський капітал є найпривабливішою сферою інвестування. Скажімо, в США протягом післявоєнного часу середня норма прибутку реального капіталу складала близько 4%, а норма віддачі вищої школи – 8-12%. Про значення людського капіталу в житті суспільства свідчать такі дані: на людські ресурси як джерело, що забезпечує добробут кожного члена суспільства, припадає від 70 до 80%. До 40% внутрішнього валового продукту найрозвиненіші країни отримують у результаті розвитку ефективної системи освіти [72].

Інвестиції в людський капітал бувають різних видів. Передусім це, звичайно, витрати на освіту (загальну, спеціальну, формальну та неформальну), підготовку за місцем роботи тощо. Освіта підвищує кваліфікацію і продуктивність працівників.

Тому велика увага надається формуванню єдиного світового освітнього простору через зближення підходів різних країн до організації освіти і процесів навчання своїх громадян, а також через визнання документів про освіту країнами світу. Саме відкритий освітній простір сприяє мобільності студентів та професорсько-викладацького складу [19]. Також, він спрямований на підвищення соціальної і професійної мобільності населення, його підприємницької і соціальної активності [36].

Забезпечення вільної можливості участі кожної людини в житті суспільства є важливим завданням будь-якої демократичної держави. При цьому потрібно зауважити, що кожна людина повинна мати відповідний рівень і обсяг знань, щоб принести користь суспільству. Крім того, отримання освіти гарантується конституцією. Тому, демократична держава повинна забезпечити доступ до отримання освіти усіх бажаючих. У наш час вже мало просто засвоювати та відтворювати інформацію. На одне з перших місць виходить розвиток особистості, яка приймає активну участь у розбудові демократичного суспільства.

Одним із викликів третього тисячоліття є необхідність забезпечити рівний доступ до якісної освіти усіх без винятку людей, незважаючи на расові, соціальні,

психофізичні відмінності. Це визначає ефективність суспільного поступу української держави у забезпеченні права кожного її громадянина на повагу, взаєморозуміння та самореалізацію в соціумі. На відміну від традиційної освітньої моделі, що базується на простому засвоєнні та відтворенні інформації, головною метою навчання у XXI столітті є розвиток кожної особистості як повноцінного учасника розбудови демократичного суспільства [85].

Несприятлива тенденція щодо поширення інвалідності в світі, а в Україні зокрема, спричинила необхідність розв'язання проблеми щодо освіти дітей і молоді з особливими потребами. Значною мірою це зумовлено тим, що повноцінне існування та розвиток людини, зокрема осіб з особливими потребами, неможливі без здобуття якісної освіти, а професіоналізація та сприяння кар'єрному росту молоді з інвалідністю потребують розбудови такої системи вищої освіти, де запроваджувалося б навчання студентів з різним рівнем здоров'я на паритетних засадах [85].

Інвалід (лат. *invalidus* – безсилий, хворий). Відповідно до Декларації про права інвалідів (ООН, 1975 р.) інвалід – це будь-яка особа, що не може самостійно забезпечити повністю або частково потреби нормальної особистісного та (або) соціального життя в силу недоліку, будь то вродженого чи ні, його (або її) фізичних або розумових можливостей. На нашу думку, поняття «інвалід» необхідно відносити не стільки до суб'єкта життєдіяльності, стільки розглядати його як соціальне явище, а саме результат взаємодії психофізичних обмежень та бар'єрів соціального характеру.

У зв'язку з тим, що в міжнародній практиці зменшується вживаність принизливого терміну «інвалід», тому більшого поширення набувають поняття «особа з обмеженими можливостями», «особа з функціональними обмеженнями», «людина з особливими потребами». Всі ці терміни є варіантами перекладу англійського словосполучення «*people with disabilities*» [83].

Для забезпечення рівного доступу молоді з особливими потребами до вищої освіти рекомендовано формувати позитивну громадську думку щодо доцільності сумісного навчання здорових студентів зі студентами з особливими потребами,

розробляти навчально-виховні програми з урахуванням особливостей студентів цієї категорії, впроваджувати у навчально-виховний процес спеціальні методи, педагогічні технології, адаптивні технічні засоби та комплексні програми інтеграції, адаптації і самореалізації молоді з особливими потребами [20].

Відбувається перерозподіл світового освітнього простору і дистанційна освіта відіграє в цьому процесі провідну роль, суттєво урізноманітнюючи ринок освітніх послуг [9]. Нового поштовху розвитку цієї системи освіти дало запровадження ДН, програма розвитку котрого затверджена Урядом [73]. 17.01.2002 р. в Україні прийнято Закон «Про вищу освіту». Різниця Закону «Про вищу освіту» і базового Закону «Про освіту» полягає перш за все у використанні великої кількості термінів [25, 26]. Розвитку дистанційного навчання присвячено наказ № 466 від 25.04.2013 Міністерства освіти і науки України «Про затвердження Положення про дистанційне навчання» [61]. Новизна проявляється і в тому, що в ньому закріплено невідомий раніше напрямок державної політики в галузі вищої освіти – «інтеграція системи вищої освіти України в світову систему вищої освіти при збереженні і розвитку досягнень та традицій української вищої школи» [73].

Тому, актуальним є удосконалення систем дистанційного навчання в рамках глобальної комп'ютеризації освіти.

## 1.2 Дистанційне навчання як основна складова комп'ютеризації освіти

У світі відбувається перехід до інформаційного суспільства, який супроводжується економічними, політичними та соціальними змінами, що пришвидшує реформування освіти. Далеко не останню роль у цьому процесі відіграє забезпечення доступу до освіти людям, які не мали такого доступу раніше. Особливо це стосується осіб з обмеженими можливостями, тому що вони потребують вмінь і навичок, що можуть стати їм у нагоді для повноцінної інтеграції в суспільство. Тому впровадження альтернативних форм навчання для осіб з обмеженими можливостями є найнеобхіднішим в сучасному світі, оскільки

саме новітні технології забезпечують доступ до інформаційного простору і освіти без кордонів [58].

У наш час розвиток освіти неможливий без її комп'ютеризації. Комп'ютерна техніка та спеціальне програмне забезпечення широко використовуються в навчальному процесі. Одним із видів комп'ютеризації освіти є дистанційне навчання.

Сьогодні існує велика кількість формулювань поняття «дистанційне навчання» або «дистанційна освіта», що показує різноманітність підходів до його розуміння. Їх аналіз дає змогу усвідомити апарат понять ДН, можливості його використання для підготовки спеціалістів [39].

ДН, за визначенням [3], – це синтетична, інтегральна, гуманістична форма навчання, котра ґрунтується на використанні широкого спектру традиційних та нових ІТ та їх технічних засобів, що використовуються для передачі навчального матеріалу, його самостійного вивчення, організації діалогового обміну між викладачем та студентом.

ДН – це не просто електронний варіант очного або заочного навчання, що адаптує традиційні форми занять та паперові засоби навчання в телекомунікаційні [69]. ДН призначене для: підвищення активної ролі студента у власному навчанні; збільшення обсягу доступних освітніх матеріалів; отримання можливості спілкування та консультування; збільшення евристичної складової навчального процесу; умови для творчого самовиразу.

В.М. Кухаренко сформулював достатньо повне визначення ДН: це – персоніфікований на основі сучасних ІТ освітній процес, що забезпечує значне підвищення якості навчальної діяльності за рахунок покращення мотиваційних факторів пізнавальних процесів, використання ефективних форм спілкування викладачів і студентів в середовищі корпоративних і глобальних мереж [39, 77, 116].

ДН відрізняється засобами передачі і представлення навчального матеріалу (рисунок 1.1). В СДН один і той же матеріал може бути представлений декількома засобами навчання (друковані видання, аудіо-, відео тощо), кожен з котрих має



свої дидактичні можливості. Викладач повинен знати їх, уміти розподіляти навчальний матеріал за різними засобами, формувати комплект засобів навчання [14, 53].

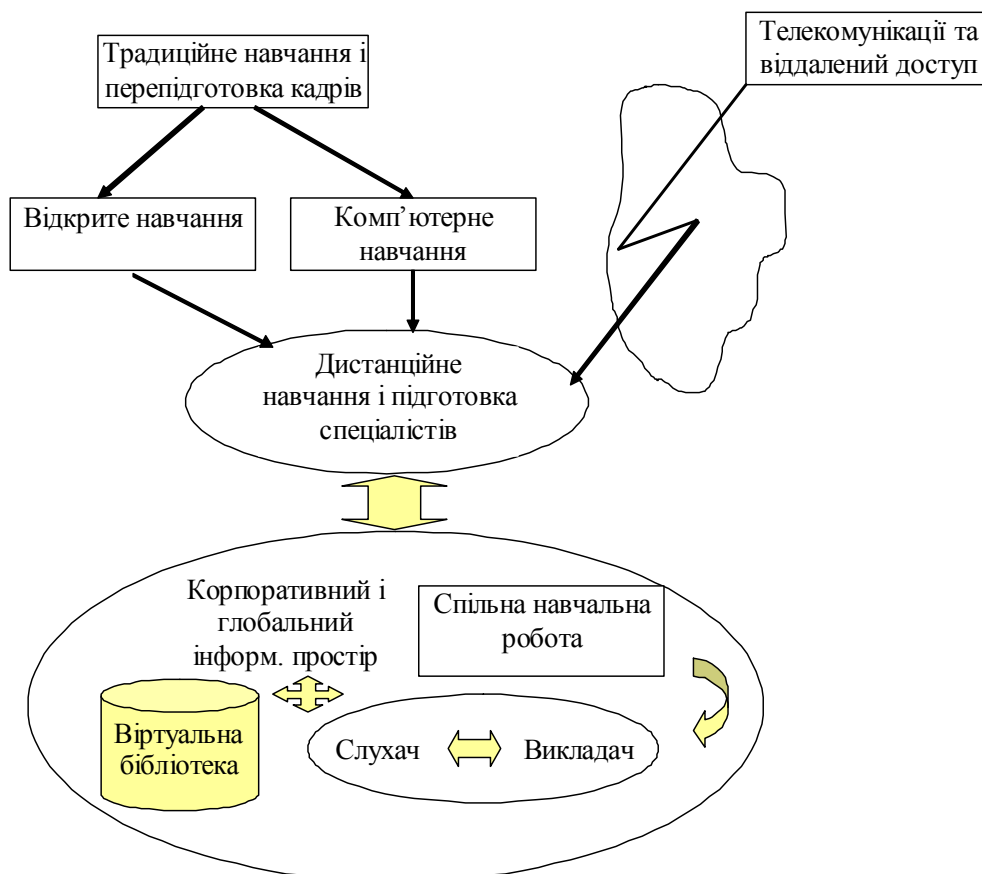


Рисунок 1.1 – Складові дистанційного навчання [67]

Тут можна комбінувати різні засоби навчання: навчальні книги; мережеві навчально-методичні посібники; звичайні та мультимедійні комп'ютерні навчальні системи; аудіо- та відео навчально-інформаційні матеріали; лабораторні дистанційні практикуми; тренажери з віддаленим доступом; бази даних і знань; електронні бібліотеки; засоби навчання на основі експертних навчальних систем; засоби навчання на основі геоінформаційних систем; засоби навчання на основі віртуальної реальності. Велику роль відіграють телекомунікація, електронна пошта, технології WWW, телеконференції, чати, електронні підручники, Web-опитування, комп'ютерні навчальні програми, комп'ютерні системи контролю знань, електронні довідники та енциклопедії, навчальні аудіо і відео матеріали,

інформаційні матеріали [5]. Порівняльні характеристики ІТ використовуваних в ДН наведено в таблиці А.1.

Аналіз понятійного апарату ДН показує, що в його склад входить віртуальна бібліотека, як основна складова (рисунок 1.2).

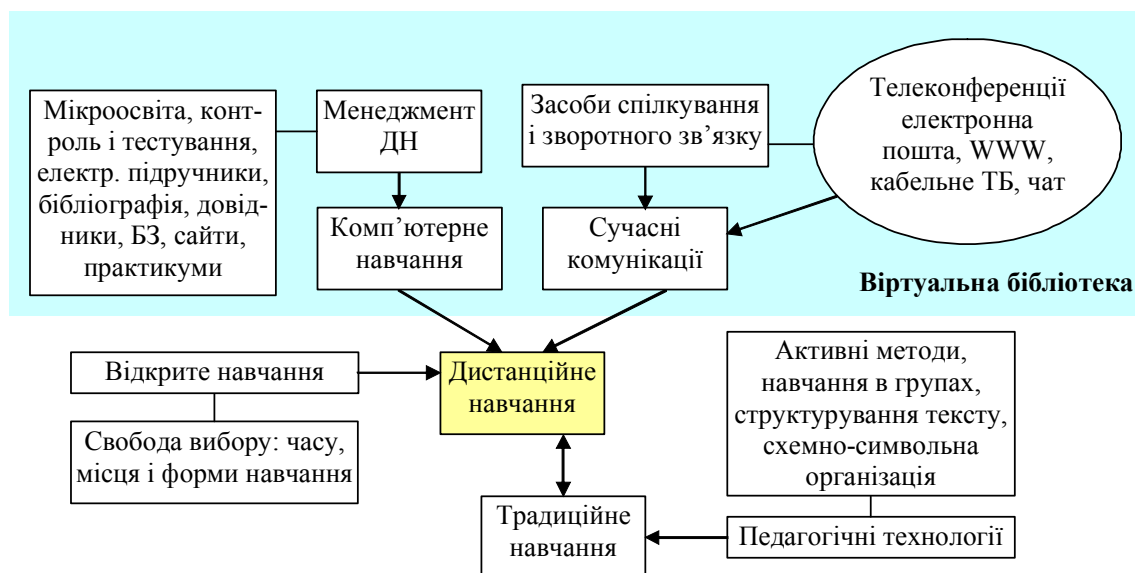


Рисунок 1.2 – Використання віртуальної бібліотеки в складі дистанційного навчання [67]

Для цієї ІТ характерна сильна пізнавальна мотивація, що створюється мережею Інтернет, та якість підготовки фахівця. Це й робить ДН технологією навчання XXI століття. Саме посиленою мотивацією ДН відрізняється від заочного, і з цим пов'язаний якісний стрибок, внаслідок чого його не можна назвати етапом розвитку заочного навчання [60].

Одним з найважливіших питань ДН є створення єдиного інформаційно-освітнього простору для навчального процесу, в котрий включаються різноманітні електронні джерела інформації, в тому числі й мережеві: віртуальні бібліотеки, бази даних, консультаційні служби, електронні навчальні посібники, кіберкласи. Для вказаного інформаційно-освітнього простору особливого змісту надається віртуальній бібліотеці, оскільки її засоби можуть використовуватись як інструменти системної інтеграції технологій ДН в корпоративних і глобальних

мережах (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Навчально-пізнавальна діяльність як комплексне поняття

В системі ДН необхідно організувати для студентів навчальне середовище, що включає різноманітні навчальні мультимедійні засоби, гіпертекстові навчальні матеріали. Ці матеріали можуть пересилатися студентам електронною поштою або публікуватися на навчальному Web-сервері. Найчастіше для подання навчальних курсів використовуються веб-сторінки, потім – електронна пошта та інші форми комп'ютерних засобів комунікації, 70% дистанційних курсів організовані за модульною структурою і тільки 23% – як повні курси, 88% студентів вчаться вдома, 74% – на роботі, а 55% – у навчальних центрах. Вказані дані приблизно однакові для країн СНД і країн Заходу [39].

Також в [40] наводяться дані про частку різних методів навчання: читання (10%), слухання (20%), бачення (30%), слухання і бачення разом (50%), обговорення з іншими (70%), експеримент (80%), знання, що отримані раніше

(95%). Частка ефективності різних методів відрізняється при вивченні різних дисциплін – технічних та гуманітарних.

Важливо відзначити, що в організації ДН повинні розглядатись мережеві відносини студентів і викладачів, тобто можливі складні форми їх співпраці в різних поєднаннях. Тому основними в організації дистанційної форми навчання є: створення електронних курсів, опрацювання дидактичних основ ДН, підготовка викладачів-координаторів. В дистанційній формі передбачається постійний контакт із викладачем, з іншими студентами кіберкласу, імітація усіх видів очного навчання з врахуванням специфічних форм і методів професійної діяльності та підвищення кваліфікації, якщо це необхідно.

В країнах Західної Європи дистанційна освіта розвивається не тільки звичайними вузами, там створено спеціалізовані дистанційні вузи. Прикладом Європейських дистанційних вузів можуть бути [66]: Інститут в Осло (NKI Nettskolen, <http://www.netskolen.com/>); Відкритий університет Великої Британії (<http://www.open.ac.uk/>) – один з перших мегауніверситетів, який не вимагає від студентів попередньої кваліфікації, тільки реєстрації та іспиту; Британський Космічний Віртуальний Університет (British Aerospace Virtual University, <http://www.bae.co.uk/>).

ДН також широко розвивається у США: Відкритий університет штату Фенікс (UOP) – приватний університет, заснований групою Apollo; Західний Губернаторський університет (WGU) як віртуальний університет, де немає власних викладачів, а використовуються безкоштовні навчальні матеріали; Каліфорнійський віртуальний університет (CVU); великі корпорації: General Electric, Wall-Mart, Federal Express, Motorola, Disney тощо заснували свої корпоративні університети, в котрих широко використовується ДН поряд із традиційними засобами.

Провідним вищим навчальним закладом, який надає освіту також і людям з обмеженими можливостями є Відкритий університет Великобританії. Це найбільший університет, в якому навчаються понад 200000 студентів, з них близько 26000 за межами країни. 150000 студентів навчаються в діалоговому (on-

line) режимі. Студенти майже 70 країн користуються навчальними матеріалами університету [91].

ДН сприяє поширенню освіти за рахунок підвищення доступності навчальних курсів порівняно з традиційною освітою. Але через прагнення до мінімізації видатків, якість технічного забезпечення потрібно підвищувати із застосуванням відповідних технічних можливостей і надійних телекомунікаційних каналів. Для цього доцільно поєднувати різні типи електронних комунікацій, що дає можливість компенсувати нестачу особистих контактів.

З цього випливає особливість ДН – навчальні матеріали, завдання, методичні вказівки потрібно розробляти ретельніше, щоб у студентів виникало менше труднощів з їх вивченням. Найраціональнішим є колективний підхід до розробки матеріалів та організації навчального процесу: потрібна спільна участь викладачів, спеціалістів з розробки навчального матеріалу, експертів, редакторів, програмістів, адміністраторів, технічного персоналу.

Потрібно зазначити, що основними характеристиками дистанційної освіти є:

- гнучкість;
- модульність;
- нова роль викладача в плані он-лайн спілкування зі студентами;
- спеціалізований контроль знань студентів;
- використання інформаційно-комунікаційних технологій та засобів навчання.

Головні принципи дистанційного навчання:

- навчання гуманістичне;
- вибір навчального матеріалу відповідно до рівня знань;
- навчання мобільне;
- дистанційне навчання не суперечить формам освіти, а доповнює їх.

В таблиці 1.1 наведено класифікацію технологій, які застосовують в навчальному процесі.

Таблиця 1.1 – Класифікація ІКТ залежно від їх функцій

Назва	Технології	Складові частини
Інформаційно-навчальні технології	Офісні ІТ	текстовий процесор, настільні видавничі системи, електронні таблиці, системи управління базами даних, електронні записні книжки, електронні календарі, інформаційні системи функціонального призначення
	Мультимедійні технології	Мультимедійна система
	Графічні технології	Система автоматизованого проектування
	Експертні системи	Експертна система
Інтерактивні технології	Веб-технології	Електронний бібліотечний каталог, система телеконференцій
	Хмарні технології	Microsoft Live@edu ( <a href="http://www.liveat.edu.com">http://www.liveat.edu.com</a> ), SkyDrive, Apple iCloud, Google Drive, Dropbox
Комунікаційно-пошукові технології	Інтернет-технології	Електронна дошка оголошень
	Технології оптимального пошуку	Локальні та розподільчі (глобальні) обчислювальні системи
	Комунікаційні технології	Електронна пошта

Як видно із наведеного вище, існуючі системи дистанційного навчання є недосконалими і потребують подальших досліджень.

### 1.3 Бази знань для інформатизації дистанційного навчання

Знання-орієнтовані системи комп'ютеризованого навчання – це інтерактивні системи зі зворотним зв'язком для адаптивної видачі навчального матеріалу [75].

На даний час існують і розвиваються різні методи представлення та опису знань, наприклад, продукційні моделі, семантичні мережі, фрейми, таксономії, онтології. Із них, в якості найперспективнішої моделі представлення знань розглядаються онтології [80]. Неформально, онтологія є певним описом погляду на світ стосовно конкретної області інтересів. Цей опис складається з термінів і правил використання цих термінів, що обмежують їх значення в рамках конкретної області [110]. На формальному ж рівні, онтологія це система, що складається з набору понять і набору тверджень про ці поняття, на основі яких

можна будувати класи, об'єкти, відносини, функції і теорії. Онтологія, як приклад загальної угоди про семантику області, сприяє встановленню коректних зв'язків між значеннями елементів області, тим самим створюючи умови для їх сумісного використання. Онтології можна застосовувати як будівельні блоки компонентів баз знань, схему об'єктів в об'єктно-орієнтованих системах, концептуальну схему баз даних, структурований глосарій взаємодіючих співтовариств, словник для зв'язку між агентами, визначення класів для програмних систем. Онтології можна застосовувати в багатьох сферах життя, але в [106] пропонується перелік ключових сфер: співпраці, взаємодії, навчання і моделювання.

На сьогодні найпоширеніша мова подання онтологій OWL, яка є послідовністю аксіом і фактів, а також посилань на інші онтології. Це документи Web, на котрі посилаються через URI. Protégé – локальна, вільно розповсюджувана Java-програма, призначена для побудови (створення, редагування і перегляду) онтологій ПрО. Protégé включає редактор онтологій, що дає змогу проектувати онтології, розгортаючи ієрархічну структуру абстрактних та конкретних класів і слотів. На основі сформованої онтології Protégé генерує форми отримання знань для введення екземплярів класів і підкласів. Інструмент підтримує використання мови OWL та генерує html-документи, що відображають структуру онтологій.

Semantic Web – це розширення Web, в котрому інформації додається певна семантика, що дає можливість людям і машинам працювати разом – приблизно таке визначення дають члени W3C Semantic Web Activity. Метою цього проекту є впровадження в Web таких технологій, що істотно підвищують рівень інтеграції інформації, забезпечують розвинену машинну обробку даних, дають можливість видавати адекватніші відповіді на пошукові запити тощо [113].

Однією з ключових особливостей переходу світової економіки на постіндустріальний етап розвитку є ставлення до знань. Роль нових знань на сучасному етапі визначає соціально-економічний розвиток всіх передових країн, котрі будують суспільство, засноване на знаннях. Іншою особливістю є не тільки гігантський обсяг накопиченої інформації, але також темпи виробництва і

накопичення нових знань. За оцінками експертів загальний обсяг знань, накопичених людством, подвоюється кожні п'ять років. Все це радикально змінює суть освіти: вона стає безперервною (освіта впродовж всього життя), набагато інтенсивнішою і динамічнішою, тому змінюються й освітні технології.

Однією з нових освітніх технологій є електронна освіта. У розвинених країнах електронне навчання широко використовується в університетах, в школі і в корпораціях. Наприклад, в США частка електронних технологій в корпоративному навчанні ще понад десятиліття тому досягла 30%. В СНД ринок електронної освіти також розвивається, що привело до формування індустрії електронного навчання. Розробка і розвиток електронного навчального середовища є важливим для взаємодії освітніх систем різних країн. Таке середовище складається з багатьох взаємозв'язаних компонентів: розробка навчальних матеріалів; доставка їх студентам; забезпечення взаємодії викладачів та студентів; оцінка знань студентів [88].

В світовій практиці використовуються різні назви систем дистанційного навчання – Adaptive Hypermedia Systems, Adaptive Learning Environment, Advanced Distributed Learning, Computer Managed Instruction, Computer Supported Collaborative Learning Systems, Computer-Based Instruction, Computer-Based Training, Electronic Learning, Instructional Management Systems, Integrated Learning Systems, Intelligent Educational Systems, Intelligent Learning Environment, Intelligent Learning Systems, Intelligent Tutoring System, Learning Content Management Systems, Learning Management Systems, Resource Based Learning Environment, Web Based Educational Systems.

У зв'язку з тим, що навчання пов'язане з обміном знаннями між викладачем та студентом, доцільно використовувати формалізоване спільне подання знань. На сьогоднішній час для цього використовуються онтології. Доцільно використовувати онтології різних курсів та порівнювати їх з онтологіями інтересів або спеціалізації конкретного студента. Крім того, студенти потребують інформацію про структуру навчального закладу, особливості навчального процесу, котрі теж доцільно подавати у вигляді онтології. Онтологічне подання



знань про курси, що входять до складу системи дистанційної освіти, можна використовувати для об'єднання інформаційних ресурсів одного курсу в єдиний інформаційний простір.

Згідно з принципами семантичного веб, процес створення електронних документів розбивається на дві частини: 1) створення веб-онтології документа, що містить деякі терміни, понятійні структури; 2) візуалізація вмісту онтології. Таким чином, у веб-онтології визначається сенс використовуваних понять, характерних для конкретної дисципліни, тобто специфікуються об'єкти предметної області, а за допомогою мов трансформацій і форматування – Extensible Stylesheet Language (XSLT) і XSLT Formatting Objects (XSL-FO) виконується візуальне представлення вмісту онтології в необхідному форматі, наприклад HTML, DOC, RTF, PDF тощо. Мова форматування XSL-FO задає макет і стиль документів. Беручи до уваги вказані принципи і можливості, розроблено спосіб стандартизації елементів освітнього вмісту навчального матеріалу для організації електронних навчальних курсів з можливістю їх подальшого виводу як на екран, так і на друк.

Наочною областю є вся термінологія, що використовується для організації навчального курсу: тема, лекція, практичне заняття, лабораторна робота, контрольні питання, приклади, списки додаткової літератури, а також дрібніші компоненти кожного з об'єктів. Розробивши онтологію навчальної дисципліни і заповнивши її конкретними даними, відповідно до навчальної дисципліни, можна отримати на виході ефективний засіб для підтримки впровадження дистанційної освіти в різні освітні середовища.

Навчальний матеріал має складну структуру зі специфічними елементами та зв'язками між ними і включає інформацію для вивчення та засвоєння. У процесі вивчення даної інформації метою є отримання нових знань або вмінь. Допоміжна інформація дається для покращення засвоєння теоретичної основи. Навчальний матеріал складається з навчальних фрагментів – дидактичних одиниць, що є частиною навчального матеріалу (явище, інформація, гіпотеза, доказ, теорема, факт, знання, теорія, принцип тощо) або практики (уміння, навички, компетенція,

спосіб діяльності, орієнтовна основа діяльності тощо). Навчальний фрагмент є відносно невеликим, у електронному вигляді його, при потребі, можна використовувати багаторазово – окремо або в різних комбінаціях самими студентами чи комп'ютерними програмами.

Кожен модуль може складатися з довільного числа фрагментів навчального матеріалу. Кожен фрагмент навчального матеріалу подається у такому складі: номер та назва навчального фрагмента, нові поняття, що даються в даному фрагменті, ключові слова, запланований навчальний час, список рекомендованої літератури, методичні рекомендації тьютору та студенту, локальні навчальні цілі фрагмента, навчальний текст, завдання та задачі, теми для обговорення, тестові завдання.

Весь навчальний матеріал доцільно ділити на навчальні фрагменти або об'єкти. Термін навчальний об'єкт, який походить від англійського терміну *learning object (LO)*, використовується відносно недавно у науково-методичній літературі. Комітетом стандартів навчальних технологій при IEEE (*Learning Technology Standards Committee of the IEEE*) запропоновано таке визначення цього терміну: «Будь-який об'єкт, який можна використовувати у навчальному процесі з метою полегшення проведення пошуку, оцінювання і обміну продуктів, компонентів і навчального вмісту» [139]. Комітет дає приклади цих об'єктів, включаючи мультимедійний вміст (*multimedia content*), навчальний вміст (*instructional content*), цілі навчання (*learning objectives*), навчальне програмне забезпечення (*instructional software*), інструментарій програмного забезпечення (*software tools*), і люди, організації чи події, згадувані в технології, що підтримує навчання.

Автори [138] вважають, що «навчальний об'єкт – це будь-який цифровий файл, призначений для повторного використання із педагогічною ціллю, що включає пропозиції, в якому контексті він може бути використаний». Навчальним об'єктом може бути будь-яка анімація, короткий тест в діалоговому режимі або відеоролик, а також презентація в PowerPoint чи pdf-файл, якесь зображення або

веб-сторінка, але кожний з них повинен мати чітку педагогічну мету, з якою він буде використовуватися у навчальному процесі [92].

З накопиченням обсягу різних комп'ютерних даних ускладнюється пошук і отримання інформації. Для уникнення цих проблем необхідне стисле представлення або індексація даних, тобто створення метаданих в рамках спільного стандарту. Підвищена мобільність в глобальних масштабах робить взаємну сумісність дуже важливим завданням [131]. Опис метаданих в документі IMS Learning Resource Meta-Data Information Model базується на відповідному документі, розробленому в IEEE LTSC (P1484.12). Специфікація визначає елементи метаданих та їх ієрархічну підпорядкованість [16]. Прикладами елементів метаданих можуть служити ідентифікатор і назва матеріалу, мова, анотація, ключові слова, історія створення та супроводу матеріалу, учасники (автори і спонсори) створення або публікації продукту, його структура, рівень агрегації, версія, технічні дані – формат, розмір, розміщення, педагогічні особливості, тип інтерактивного режиму, необхідні ресурси, орієнтовний час на вивчення, складність, зв'язок з іншими ресурсами, місце в таксономічній класифікації та ін. Кожен елемент описується такими параметрами, як ім'я, визначення, розмір, упорядкованість, можливе зазначення типу даних, діапазону значень, пояснення за допомогою прикладу. Метадані використовуються для правильного відбору та пошуку одиниць навчального матеріалу, обміну навчальними модулями між різними системами, автоматичної компіляції індивідуальних навчальних посібників.

Метадані відіграють велику роль у підтримці і використанні навчальних матеріалів. Але процес отримання метаданих – це одна з основних проблем багатьох сучасних СДН, часто затрати на підготовку метаданих дорівнюють затратам на розробку самих матеріалів [64]. В таблицях А.2 і А.3 наведено рівні розподілу навчального матеріалу в стандарті IEEE LOM та елементи опису метаданих в Dublin Core відповідно.

Формування навчального контенту з навчальних об'єктів за допомогою їх метаданих із сховища метаданих є вимогою часу. До навчальних об'єктів

відносяться текст, рисунки, аудіо- та відеоінформація. Для цього кожний навчальний об'єкт повинен містити метадані, котрі його описують: код, назва, складність, об'єкти попередники і наступники, важливість (таблиця А.3).

Створення метаданих є складною творчою роботою, і хоча, займає дуже багато часу розробника курсу, в подальшому, сприяє навчанню, пошуку та систематизації навчального матеріалу. Неякісна підготовка метаданих призводить до отримання недостатніх і низькоякісних даних.

Для забезпечення навчання студентів, оцінювання їхніх знань та підтримки зв'язку студентів з викладачами необхідно мати спеціальне програмне забезпечення [10]. При його самостійній розробці можливі проблеми: воно складне; буде необхідна модернізація як його, так і накопиченої інформації; можливе руйнування в результаті хакерських атак; глобалізація освіти приведе до необхідності використання єдиного ПЗ. Тому бажано мати ліцензійне ПЗ для ДН.

Мабуть, світовим лідером серед комерційних продуктів є американська компанія Blackboard Inc. ([www.blackboard.com](http://www.blackboard.com)), що розробила однойменну платформу для електронного навчання «Blackboard». Після придбання компанії WEBCT, що також спеціалізувалася в електронній освіті, Blackboard зміцнив свої позиції і в Європі. Недоліками цього продукту в наших умовах є висока вартість, відсутність локалізації та віддалений сервер.

З комерційних продуктів також використовуються: Lotus LearningSpace (система підтримки процесу створення і передачі навчальних курсів з використанням ІТ і стандартів Інтернет); Interactive Learning Network – продукт для оцінювання навчання, створення бази даних успішності, інтерактивного тестування, дискусій у реальному часі; The Internet Classroom Assistant – для проведення навчальних конференцій, спільного використання інформаційних ресурсів та зв'язків у різних навчальних середовищах; The Learning Manager – з можливістю побудови карт навчальних курсів, запису мультимедійних навчальних ресурсів, тестування та оцінювання студентів [76, 92].

Окрім комерційних систем організації електронного навчання із закритими кодами, існують рішення з відкритими кодами. Початкові коди цих програм

допускають будь-які виправлення, модифікацію і доповнення. Згідно ліцензії, за котрою розповсюджуються ці продукти, вони абсолютно безкоштовні. На сьогоднішній день існують декілька десятків платформ електронного навчання, побудованих за принципом відкритих джерел: Atutor, Dokeos, dotlrn, ILIAS, LON-CAPA, MOODLE, OPENUSS, Sakai, Spaghettilearning. Порівняльну характеристику безкоштовних СДН наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика безкоштовних СДН [109]

СДН	MOODLE	Ilias	Claroline	Dokeos
Підтримка кирилиці	Так	так	так	так
Підтримка SCORM/IMS	так / так	так / так	так / так	так / так
Структура	ядро+набір модулів	ядро+набір модулів	монолітна	ядро+набір модулів
Можливість розширення	за рахунок зовнішніх модулів	за рахунок зовнішніх модулів	залежить від розробників	за рахунок зовнішніх модулів
Платформа	Windows, Linux, Unix, MacOS	Windows, Linux	Windows, Linux, Unix, MacOS	Windows, Linux, Unix, MacOS
Наявність форуму /глосарію	так / так	так / так	так / так	так / так
Створення групи	Так	так	так	так
Чат	Так	так	так	так
Система тестування	Так	так	так	так
Обмеження на кількість студентів	Ні	ні	20000	ні
Середовище розробки навчального матеріалу	Вбудоване	вбудоване	вбудоване	вбудоване
Система перевірки знань	тести, завдання, семінари	тести	тести, вправи	тести

Вказані у таблиці 1.2 платформи для організації електронного навчання порівнювалися за 34 параметрами, згрупованими у 8 блоків: 1) інструменти управління навчальним курсом, 2) можливості адміністрування, 3) технічні аспекти, 4) можливості адаптації, 5) зручність використання платформи, 6) управління даними користувача, 7) об'єкти навчання і 8) засоби спілкування [109]. Як видно, найкращі результати має СДН MOODLE.

У [38] проаналізовано застосування відкритих систем дистанційного навчання з використанням методу аналізу ієрархії. Найвищі коефіцієнти ваг обумовили застосування платформи Moodle для створення ІТ систем дистанційного навчання.

На ріст популярності MOODLE зробив вплив, зокрема, вибір цієї системи Відкритим Університетом Великобританії. MOODLE підтримує більше 40 мов. На основі MOODLE можна згенерувати свою LMS, що дасть можливість: створювати навчальні курси, використовуючи як власні програмні засоби, так і комп'ютерні матеріали, розроблені за допомогою інших програм і упаковані в пакет SCORM; керувати навчальною діяльністю студентів; контролювати виконання завдань; організовувати навчальне спілкування тощо [4].

Основними особливостями MOODLE, істотними, перш за все, для освітніх установ, є:

1. Вільне розповсюдження – безкоштовне отримання, використання і оновлення, немає обмежень на кількість ліцензій.
2. Відкритість програмного коду – можна вносити корективи, розширити можливості MOODLE програмними модулями.
3. Розвиток програмного забезпечення – MOODLE відповідає сучасним і перспективним вимогам електронного навчання.
4. Простота установки, підтримки і функціонування. MOODLE працює в будь-якій операційній системі з підтримкою PHP.
5. Функціональна повнота – незважаючи на безкоштовність і простоту використання, MOODLE реалізує основні функції сучасної СДН.

СДН MOODLE не є адаптивною системою, але в той же час, це найпоширеніша із систем, тому що є відкритою і некомерційною. Її можна перетворити на адаптивну за допомогою навчального матеріалу у стандарті SCORM, який можна відтворити у будь-якій СДН, і враховуючи особливість приховування навчальних фрагментів, можна додати в MOODLE елементи адаптації.

Тобто, приховуючи від студента різну кількість навчальних фрагментів, можна побудувати індивідуальну траєкторію навчання для кожного студента. Викладач при обробці навчального матеріалу може редагувати метадані, тобто до метаданих, за замовчуванням, додавати тип навчального матеріалу, складність, нормативний час вивчення, і тоді семантика навчального матеріалу може слугувати для коректного підбору навчального матеріалу для студента.

В Україні також використовуються російські розробки: система дистанційного навчання «Прометей» та система диференційованого Інтернет-навчання ГЕКАДЕМ. З українських розробок популярні Веб-система дистанційного навчання корпоративного рівня «Віртуальний університет», розроблена в НТУУ «КПІ» та віртуальне навчальне середовище – «Веб-клас-ХПІ», розроблена проблемною лабораторією дистанційного навчання НТУ «ХПІ».

В Україні також розробляються автоматизовані системи тестування знань. Наприклад, у Харківському національному університеті радіоелектроніки розроблено систему комп'ютерного тестування OpenTEST. В даній системі є можливість створення, редагування, експорту та імпорту тестів [34]. У Миколаївському державному гуманітарному університеті ім. Петра Могили розроблено комп'ютеризовану систему тестування знань студентів «VOLKON». Дана система має модульну структуру, що спрощує роботу з нею [35]. У національному університеті «Львівська політехніка» розроблено клієнт-серверну систему iLaT, що дає змогу тестувати групу студентів та виводить детальну статистику результатів [7].

Також системи автоматизованого контролю та оцінювання знань розробляються та впроваджуються в освітній процес наступних ВНЗ: Дніпропетровська академія управління [28], Запорізька державна інженерна академія [87], Національний університет «Львівська політехніка» [59], Одеський національний політехнічний університет [17, 94].

Порівняння різних програм тестування наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняння різних програм тестування

Характеристика	Система тестування				
	Open test	X-TLS	Hot Potatoes	TXExam	Візуальна студія тестирования
Функціональність	Створення, редагування тестів; Редагування сценаріїв; Забезпечення проходження тесту; Перегляд результатів тестування; Аналіз результатів тестування; Експорт результатів тестування; Адміністрування системи.	Створення, редагування тестів; Редагування сценаріїв; Забезпечення проходження тесту; Перегляд результатів тестування; Адміністрування системи.	Імпорт та експорт даних; Робота тільки за реєстрованих користувачів; Ієрархічна система банку питань; Створення та зміна тестів; Вивід тестів у форматі PDF	Імпорт та експорт даних; Робота тільки зареєстрованих користувачів; Ієрархічна система банку питань; Створення та зміна тестів; Вивід тестів у форматі PDF	Створення, редагування тестів; Редагування сценаріїв; Забезпечення проходження тесту; Перегляд результатів тестування; Аналіз результатів тестування; Адміністрування системи.
Тип ліцензії	Ліцензія типу GNU\GPL	Ліцензія типу GNU\GPL	Ліцензія типу GNU\GPL	Ліцензія типу GNU\GPL	Платна ліцензія
Інтерфейс користувача	Web	Web – для проходження тесту, Forms – для адміністратора	Web – для проходження тесту, Forms – для адміністратора	Web	Windows form
Допомога	Наявна	Наявна	Наявна	Наявна	Наявна
Демоверсія	Наявна	Наявна	Наявна	Наявна	Наявна

На даний час існує багато СДН, які не можуть обмінюватися навчальним матеріалом та оцінками студентів, що пов'язано з використанням різних стандартів. Проте ринок відгукнувся формуванням ініціатив щодо стандартизації – консорціумів розробників систем і контенту, створено галузеві специфікації і стандарти, найважливішими з котрих є стандарти AICC і ADL SCORM, а також специфікації консорціуму IMS [68, 114].

У широко відомій програмі Міністерства оборони США «Передове розподілене навчання» (Advanced Distributed Learning – ADL) розроблений ряд вимог високого рівня до змісту освітніх ресурсів ([www.adlnet.org](http://www.adlnet.org)) [76, 97].



Найважливішим результатом роботи ADL стало створення концепції, специфікацій і керівництва, об'єднаних назвою SCORM – промисловий стандарт для обміну навчальними матеріалами на базі концептуальної моделі стандарту IEEE 1484.12.1 [16]. У SCORM досягається незалежність навчальних матеріалів від програм управління [16].

Основою моделі SCORM є модульна побудова підручників і навчальних посібників. Модулі (learning objects або instructional objects) навчального матеріалу в SCORM називаються поділюваними об'єктами контенту Shareable Content Objects (SCO). SCO – автономна одиниця навчального матеріалу, що має метадані та змістову частину [137]. SCO можуть в різних поєднаннях об'єднуватися один з одним у складі підручників і навчальних посібників.

SCORM описує модель агрегації змісту (Content Aggregation Model) і середовище виконання (Run-Time Environment) для навчальних об'єктів, забезпечуючи адаптивне навчання. SCORM також описує модель послідовності та навігації (Sequencing and Navigation) для динамічного відображення вмісту залежно від потреб студентів. У SCORM використовується мова XML для представлення вмісту модулів, визначаються зв'язки з програмним середовищем і API (Програмним інтерфейсом додатків – Application Programming Interface), надаються специфікації створення метаданих, що базуються на стандарті IEEE 1484.12.1. Структура SCORM-паketу подана на рисунку 1.4).

Модель навчального контенту у відповідності зі стандартом SCORM складається з: елементів (assets; об'єктів контенту (SCOs); діяльності; організації контенту; агрегації контенту. Оскільки asset може складатися з інших asset, SCO відрізняється від asset тільки можливістю взаємодії з системою дистанційного навчання. SCO може бути описаний з використанням метаданих, що спрощує їх пошук у сховищах даних.

У світовій практиці йде активне впровадження SCORM-моделі для упаковки курсів дистанційного навчання, і на даний момент більшість систем дистанційного навчання імпортують в цьому форматі курси дистанційного навчання для власних потреб. Майже всі СДН, навіть безкоштовні, можуть

використовувати курси у форматі SCORM для організації процесу навчання, у зв'язку з цим можна забезпечити сумісність з поширеними системами дистанційного навчання [124].

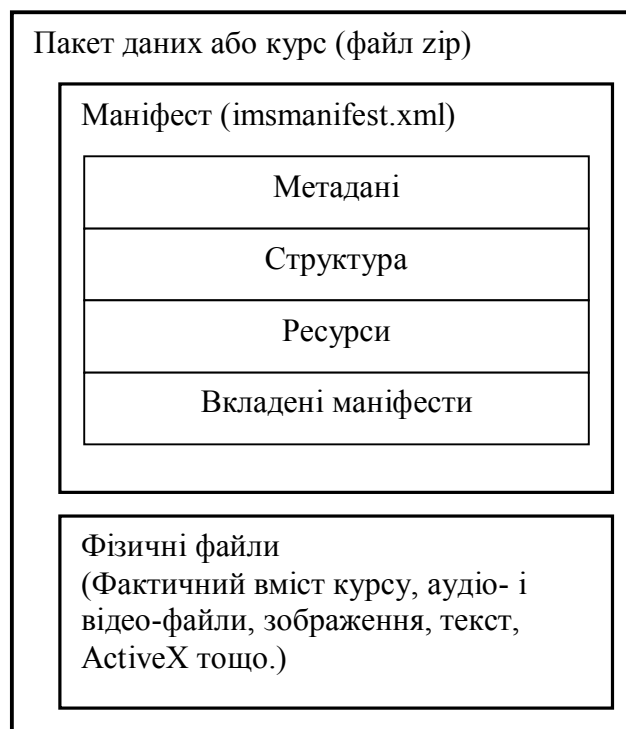


Рисунок 1.4 – Структура SCORM-пакету

Однією з переваг використання ІТ у навчанні є можливість використання адаптивного навчання. СДН з можливістю адаптації готує для студента навчальний матеріал з врахуванням його індивідуальних особливостей і формує індивідуальну траєкторію навчання з використанням навчальних фрагментів заданого рівня складності та додаткового навчального матеріалу відповідно до результатів проміжного тестування.

Визначення індивідуальної траєкторії навчання є наступним. Наприклад, П. Брусиловський вважає, що послідовність курсу спрямована на допомогу студенту знайти оптимальний шлях «в навчальному матеріалі» [101]. Карла Лімонгеллі вважає, що комп'ютерне генерування курсу для студента може розглядатися як індивідуальна траєкторія навчання (набір дій), які студент має вивчити (виконати) для досягнення цільового рівня знань [124]. Грецькі вчені

Карампіперіс та Сампсон розглядають визначення послідовності навчальних ресурсів як навчальний шлях [115].

Індивідуальну траєкторію навчання можна формалізувати наступним чином [124]:

$$\langle SK, LO, TLO, CLO, TK \rangle \quad (1.1)$$

де SK – початкові знання студента;

LO – набір навчальних фрагментів для вивчення;

TLO – типи навчальних фрагментів, складність навчальних фрагментів;

TK – цільові знання.

Індивідуальна траєкторія навчання використовується для організації адаптивного навчання. За можливостями адаптації розрізняють такі типи гіпермедіа-систем [29, 104]:

1. Адаптовані гіпермедіа-системи (adapted hypermedia systems) – в них адаптація задається автором навчального матеріалу, і така адаптація не може бути налаштована під окремого студента.

2. Гіпермедіа-системи, що адаптуються (adaptable hypermedia systems), що можуть модифікуватися тільки на вимогу користувача. Вся інформація, надана студентом, зберігається в його моделі, яка модифікується по запиту користувача. Видача навчального матеріалу потім адаптується до цієї моделі.

3. Адаптивні гіпермедіа-системи (adaptive hypermedia systems) самі адаптуються до потреб користувача. Вони формують модель користувача, відстежуючи його навігацію по навчальному матеріалу та за результатами тестування.

Відомо, що із значним збільшенням кількості тестових питань знижується ефективність тесту, оскільки студенти до кінця виконання тесту втомлюються і можуть почати помилятися. З іншої сторони, зменшення кількості питань не дає змоги охопити навчальний матеріал. У разі, якщо завдання відповідають рівню підготовленості студентів, підвищується точність вимірювання і мінімізується час індивідуального тестування.

Навчаючись за класичною схемою студенти забувають навчальний матеріал і втрачають певний відсоток своїх знань. Але, при навчанні за адаптивною схемою, результати виявляються абсолютно протилежними. Рівень знань відмінників збільшується на 6-20%, трієчників – на 95-100%, а двієчників взагалі на 300%. Тобто при адаптивному навчанні двієчники взагалі зникають, оскільки адаптивна навчальна система, готує для них такий навчальний матеріал, щоб вони змогли, як мінімум отримати тверду трійку. Тож, маючи на початку навчання 66% студентів, які вчаться на «5» та «4», після адаптивного навчання їх стає вже 90-96%. Отже, адаптивне навчання робить трієчників успішними студентами, а двієчників – трієчниками [62, 79].

Адаптивне навчання пов'язане також із адаптивним тестуванням. Основним недоліком класичного тестування є фіксована кількість питань тесту. На подолання цього недоліку спрямоване комп'ютеризоване адаптивне тестування (КАТ), в котрому є можливість адаптації, пристосування до особливостей студента. При проходженні тесту комп'ютер заповнює модель студента, котра використовується для вибору наступних завдань тесту залежно від рівня засвоєння знань [125, 127, 145]. В такому тесті спочатку задається питання середньої складності. Якщо відповідь правильна, то задається складніше питання. Якщо ж відповідь – неправильна, то комп'ютер пропонує простіше питання [1, 2, 8, 21, 54]. Адаптивні тести займають менше часу і забезпечують достовірну оцінку підготовленості студентів [145].

Адаптивне тестування визначається в «Standards for educational and psychological testing» як «послідовна форма тестування, при якій наступні пункти (завдання) тесту вибираються в залежності від відповідей на попередні пункти (завдання)». Таким чином, КАТ – це адаптивне тестування, проведення якого полегшується завдяки використанню комп'ютера. Однак, термін «комп'ютеризоване адаптивне тестування» нерідко неправильно вживають, плутаючи цю процедуру з комп'ютерними тестами [140].

Отже, адаптивне тестування можна визначити як «сукупність процесів генерації, пред'явлення та оцінки результатів виконання адаптивних тестів, що

забезпечує приріст ефективності вимірювань в порівнянні з традиційним тестуванням завдяки оптимізації підбору характеристик завдань, їх кількості, послідовності і швидкості пред'явлення стосовно особливостей підготовки тестованих» [86].

Тривалість адаптивного тесту зазвичай може бути скорочена приблизно вдвічі при достатньо високій точності, порівняно з класичною теорією. Очевидно, що це призводить до економії часу екзаменованих. Вони не витрачають час на занадто складні або занадто легкі питання. Крім того, організація, що проводить тестування отримує вигоду від економії часу; вартість часу тестування та оренди приміщення істотно знижується. Однак, оскільки підготовка КАТ вимагає більше затрат, потрібно підготувати багато питань, щоб отримати економію.

Адаптивне тестування не позбавлене недоліків. Найскладнішим в КАТ є калібрування всіх питань, тобто визначення їх складності. Для моделювання характеристик питань (наприклад, щоб вибрати оптимальне питання), всі питання тесту повинні бути попередньо опрацьовані на значній вибірці, а потім проаналізовані. Для досягнення цієї мети, нові питання додаються до екзаменаційних питань (відповіді фіксуються, але не впливають на оцінку студентів). Це створює різні проблеми. Наприклад, не можна давати на адаптивне тестування неперевірені питання. Усі питання мають бути апробовані на досить великій вибірці для отримання стабільної статистики.

Хоча адаптивні тести мають алгоритми контролю часу тестування, щоб запобігти надмірному використанню одних і тих же питань, час тестування, зазвичай контролюється недостатньо. Це серйозна проблема, тому що групи питань можуть мати подібний функціональний рівень складності.

Серед теорій тестування на Заході є популярною Item Response Theory (IRT), призначена для оцінки латентних (прихованих) параметрів студентів і параметрів завдань тесту за допомогою застосування математико-статистичних моделей вимірювання [86].

На відміну від класичної теорії, де індивідуальний бал студента розглядається як постійне число, в IRT латентний параметр трактується як деяка змінна [111]. Початкове значення параметра отримується безпосередньо з емпіричних даних тестування. Змінний характер вимірюваної величини вказує на можливість послідовного наближення до об'єктивних оцінок параметра за допомогою тих чи інших ітераційних методів [71, 86]. Можливість об'єднати в одній шкалі вимірювання рівня підготовленості і складності завдань – серйозна перевага IRT перед класичною теорією.

IRT має наступні переваги: IRT перетворює вимірювання, виконані в дихотомічних і порядкових шкалах, у лінійні вимірювання, в результаті якісні дані аналізуються за допомогою кількісних методів; шкала вимірювання параметрів моделі Раша є лінійною, тому можна використовувати широкий спектр статистичних процедур для аналізу результатів вимірювань; оцінка складності тестових завдань не залежить від вибірки досліджуваних; оцінка рівня підготовки студентів не залежить від використовуваного набору тестових завдань; неповнота даних не є критичною [30, 125, 132].

В рамках основного припущення IRT встановлюється зв'язок між латентними (прихованими) параметрами студентів, які проходять тестування і спостережуваними результатами виконання тесту. При встановленні зв'язку важливо розуміти, що першопричиною є латентні параметри. Якщо говорити точніше, то взаємодія двох множин значень латентних параметрів дає спостережувані результати виконання тесту.

Елементи першої множини – це значення латентного параметра, що визначає рівень підготовки  $\theta_i$  ( $i = 1, 2 \dots, N$ ), де  $N$  – кількість протестованих студентів. Другу множину складають значення латентного параметра  $\beta_j$  ( $j = 1, 2 \dots, n$ ), що описує рівень складності  $n$  завдань тесту.

Однак на практиці завжди ставиться зворотна задача: за відповідями студентів на завдання тесту оцінити значення латентних параметрів  $\theta$  і  $\beta$ . Для її вирішення потрібно відповісти щонайменше на два питання. Перше зв'язане з

вибором виду співвідношення між латентними параметрами  $\theta$  і  $\beta$ . Ідея встановлення співвідношення належить датському математику Г. Рашу, котрий запропонував ввести його у вигляді різниці  $\theta - \beta$ , припускаючи, що параметри  $\theta$  і  $\beta$  оцінюються в одній шкалі [86]. Георг Раш припустив, що рівень підготовки студента  $\theta$  і рівень складності завдання  $\beta$  розміщені на одній шкалі і вимірюються в одних і тих самих одиницях – логітах. Аргументом функції успіху студента є різниця  $\theta - \beta$  [30].

Зокрема, можна розглядати ймовірність правильного виконання  $i$ -м студентом з рівнем підготовки  $\theta_i$  різних за складністю завдань тесту, вважаючи  $\theta_j$  параметром  $i$ -го студента, а  $\beta$  – незалежною змінною. В цьому випадку ймовірність буде функцією латентної змінної  $\beta$ :

$$P_i \{x_{ij} = 1 | \theta_i\} = f(\theta_i - \beta), i=1,2,\dots,N. \quad (1.2)$$

де  $x_{ij}$  – відповідь на питання (правильна або неправильна, тобто 1 або 0);

$N$  – кількість студентів;

$n$  – кількість завдань в тесті.

Аналогічно вводиться ймовірність правильного виконання  $j$ -го завдання із складністю  $\beta_j$  різними студентами групи. Тут незалежною змінною є  $\theta$ , а  $\beta_j$  – параметр, що визначає складність  $j$ -го завдання тесту [30]:

$$P_j \{x_{ij} = 1 | \beta_j\} = \varphi(\theta - \beta_j), j=1,2,\dots,n. \quad (1.3)$$

де  $x_{ij}$  – відповідь на питання (правильна або неправильна, тобто 1 або 0);

$N$  – кількість студентів;

$n$  – кількість завдань в тесті.

У теорії IRT  $f(\theta_i - \beta)$  і  $\varphi(\theta - \beta_j)$  отримали назву Item Response Functions. Спеціальну назву мають і їх графіки. Графік функції  $P_j$  – це характеристична крива  $j$ -го завдання, а графік функції  $P_i$  – індивідуальна крива  $i$ -го студента.

Кількість параметрів, що входять в аналітичне завдання функцій, є підставою для підрозділу сімейства IRT на класи. Серед логістичних функцій розрізняють:

1. Однопараметричну модель Г. Раша [30]:

$$P_j(\theta) = \frac{e^{1,7(\theta - \beta_j)}}{1 + e^{1,7(\theta - \beta_j)}} \quad (1.4)$$

$$P_i(\beta) = \frac{e^{1,7(\theta_i - \beta)}}{1 + e^{1,7(\theta_i - \beta)}} \quad (1.5)$$

де  $\theta$  і  $\beta$  – незалежні змінні для першої і другої функцій відповідно;

2. Двохпараметричну модель А. Бірнбаума [99]:

$$P_j(\theta) = \frac{e^{1,7\alpha_j(\theta - \beta_j)}}{1 + e^{1,7\alpha_j(\theta - \beta_j)}} \quad (1.6)$$

$$P_i(\beta) = \frac{e^{1,7\alpha_i(\theta_i - \beta)}}{1 + e^{1,7\alpha_i(\theta_i - \beta)}} \quad (1.7)$$

Крім відомих позначень з'являються параметри  $\alpha_j$  і  $\alpha_i$ . Параметр  $\alpha_j$  був введений А. Бірнбаумом для характеристики диференціюючої здатності завдання при вимірюванні різних значень  $\theta$ ; параметр  $\alpha_i$  вказує на міру структурованості знань студента.

3. Трьохпараметричну модель А. Бірнбаума [99]:

$$P_j\{x_{ij} = 1 | \beta_j\} = c_j + (1 + c_j) \frac{e^{1,7\alpha_j(\theta - \beta_j)}}{1 + e^{1,7\alpha_j(\theta - \beta_j)}} \quad (1.8)$$



де  $c_j$  є третім параметром моделі, що характеризує ймовірність правильної відповіді на завдання  $j$  в тому випадку, якщо ця відповідь вгадана, а не базується на знаннях студента.

Але кожен додатковий параметр ускладнює розрахунки. Лише для моделі Раша існує послідовний алгоритм визначення параметрів моделі [37], а в решті моделей для визначення параметрів використовують чисельні методи на базі методу максимальної правдоподібності, які при великому обсягу даних вимагають значних обчислювальних ресурсів [24].

Необхідний великий розмір вибірки для калібрування IRT, і питання потрібно опрацювати заздалегідь, оскільки тестування та оцінювання проводиться в режимі реального часу. Крім того, алгоритм калібрування IRT має бути реалізований у спеціальному програмному забезпеченні.

У КАТ з обмеженням часу тестування неможливо точно передбачити загальний час тестування. Студент, що проходить тестування може втратити бали за перевитрату часу на складне питання на початку розділу, а потім відповісти на багато питань, коли закінчується час. КАТ без контролю часу є добрим інструментом для калібрування тестових питань, вони непридатні для підсумкової оцінки.

КАТ має п'ять складових компонентів [144]:

1. Калібрування банку питань
2. Складність початкового питання
3. Алгоритм вибору питань
4. Підрахунок оцінки
5. Критерій припинення тесту

Перший із компонентів є дуже важливим, але використовується не кожного разу. Перевагою комп'ютерного адаптивного тестування є те, що тестові питання поміщають в банк питань і калібрують, а потім їх можна багаторазово використовувати при тестуванні. Тобто, спочатку має бути підготовлений банк

питань відкаліброваних за складністю. Як правило, теорія IRT популярна тому, що вона ставить рівень підготовки студента і складність питання на одній шкалі.

У КАТ питання вибираються на основі підготовленості студента, щоб відповісти на питання заданої складності. Проте, спочатку, коли первинна оцінка здатності студента невідома, КАТ тільки припускає, що студент має середні здібності, тому перше питання найчастіше середньої складності.

Після того, як вводиться відповідь на питання, КАТ оновлює свою оцінку рівня підготовленості студента. Якщо студент, що проходить тестування, правильно відповів на питання, його рівень підготовленості буде оцінено трохи вище, і навпаки. Методи оцінки рівня підготовленості включають в себе чотири основних підходи до оцінки рівня підготовки студентів: оцінювання максимуму правдоподібності (Maximum Likelihood Estimation MLE) [99], баєсівське оцінювання Овена (Bayesian Estimation OWEN) [130], очікуваної апостеріорної оцінки (Expected a Posteriori Estimation EAP) [100], і максимальної апостеріорної оцінки (Maximum a Posteriori estimation MAP) [136], Sequential Probability Ratio Test (SPRT) [143], Expert Systems Reasoning EXSPRT-R [147]. Серед них MLE і EAP отримали найбільшу популярність.

MLE оцінює рівень підготовленості, використовуючи загальну ймовірність, а потім знаходить точку, яка максимізує оцінку підготовленості. Функція правдоподібності підготовленості визначається наступним чином [99]:

$$L(u | \theta) = \prod_{i=1}^n P_i(u_i | \theta)$$

де  $u_i$  відповідь на питання  $i$  з вектором відповіді  $u$ ,

$P$  – ймовірність правильної відповіді на питання  $i$ .

Максимальна правдоподібність підготовленості  $\theta$ , виражається за допомогою  $\hat{\theta}$ , який представляє собою значення, яке максимізує функцію правдоподібності [99]:

$$\ln L(u | \theta) = \sum_i^n \ln P_i^{u_i} Q_i^{1-u_i}$$

де  $Q_i$  дорівнює  $1 - P_i$ .

Беручи першу часткову похідну функції правдоподібності і встановивши її рівною нулю, можна знайти максимальне значення  $\theta$  [99]:

$$\frac{\partial \ln L(u | \theta)}{\partial \theta} = \sum_i \frac{P_i'(u_i | \theta)}{P_i(u_i | \theta)} = \sum_i \frac{(u_i - P_i)P_i'}{P_i Q_i} = 0$$

MLE має просту формулу, і об'єктивно не має ніяких апріорних визначень, але дає вищі стандартні помилки [111]. З іншого боку, MLE має вимогу, щоб була одна правильна і одна неправильна відповідь, щоб отримати максимальну точку оцінювання. Без цього MLE не може оцінити рівень підготовленості.

Метод EAP обчислює апостеріорний розподіл для визначення рівня підготовленості студентів з використанням попереднього розподілу і він використовує середній розподіл рівня підготовленості на відміну від MAP, який використовує режим розподілу підготовленості [100]:

$$p(u | \theta) = \frac{L(u | \theta)g(\theta)}{P(u)} = \frac{L(u | \theta)g(\theta)}{\int L(u | \theta)g(\theta)d\theta}$$

де  $g(\theta)$  попередня інформація про рівень підготовленості студентів.

$$E(\theta | u) = \int_{-\infty}^{\infty} \theta p(\theta | u) d\theta$$

$$Var(\theta | u) = \int_{-\infty}^{\infty} \theta^2 p(\theta | u) d\theta - (E(\theta | u))^2$$

де  $E(\theta | u)$  і  $Var(\theta | u)$  – середнє значення і дисперсія попереднього розподілу.

Алгоритм КАТ призначений для багаторазового введення питань і оновлення оцінки здатності тестованого. Це триває до того часу, поки не закінчаться питання в банку питань, якщо в КАТ відсутній критерій припинення тестування. Часто, тестування завершується, коли стандартна помилка оцінки випробуваного падає нижче певного значення. Існують інші критерії припинення тестування, наприклад, якщо потрібно визначити не точну оцінку, а визначити, чи тест пройдено.

Найголовніша характеристика завдань адаптивного тесту – це рівень їх складності, що отримується дослідним шляхом, при апробації на певній вибірці студентів [56, 63, 78].

На даний час виділяють три варіанти адаптивного тестування:

- пірамідальне тестування;
- flexilevel-тестування;
- stradaptive (stratified adaptive) тестування.

При пірамідальному тестуванні на першому кроці всім студентам даються завдання однакового середнього рівня складності, а потім – залежно від відповідей або складніші, або простіші – шляхом ділення шкали завдань навпіл. Наприклад [146], якщо банк завдань складається з 21 упорядкованого по складності завдання, то тестування починається з 11 завдання, а потім видається або шосте, або шістнадцяте і т.д. (рисунок 1.5). При flexilevel-тестуванні контроль починається з будь-якого рівня складності завдань (рисунок 1.6), а при stradaptive тестуванні кожне наступне завдання відрізняється від попереднього на один крок по складності (рисунок 1.7).

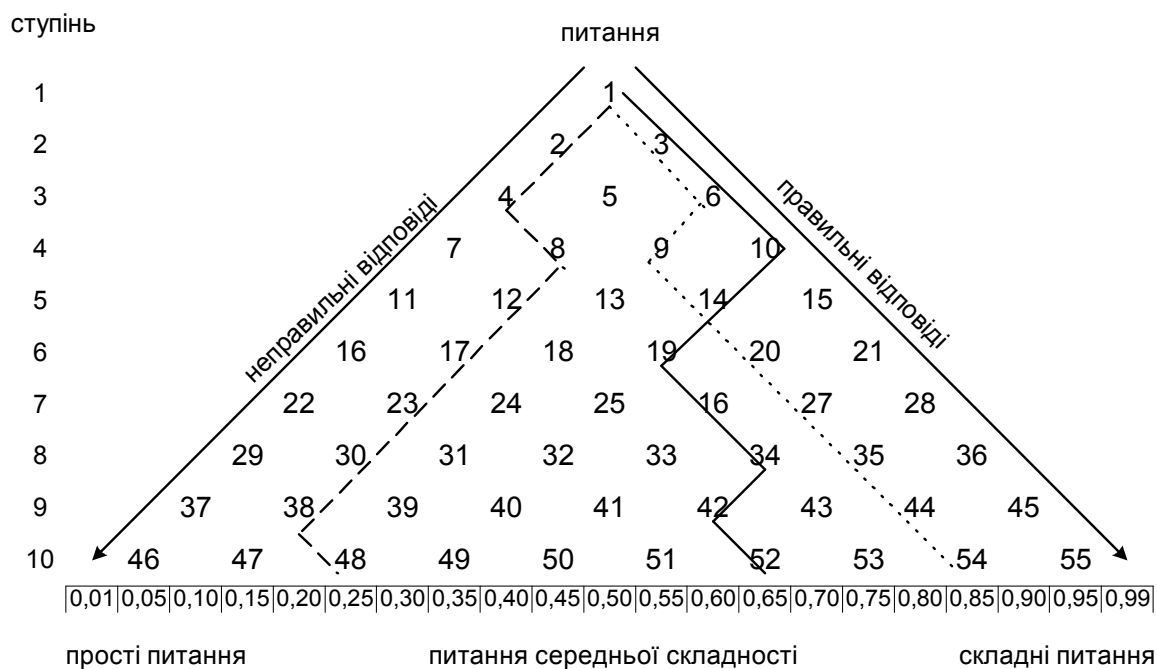


Рисунок 1.5 – Пірамідальне тестування

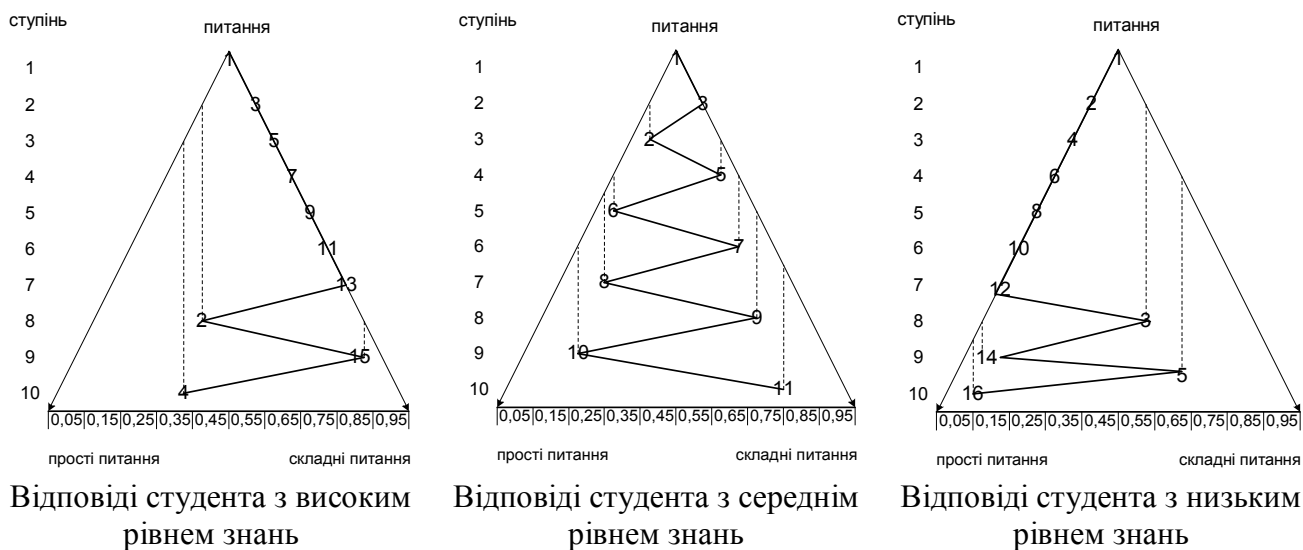


Рисунок 1.6 – Flexilevel-тестування

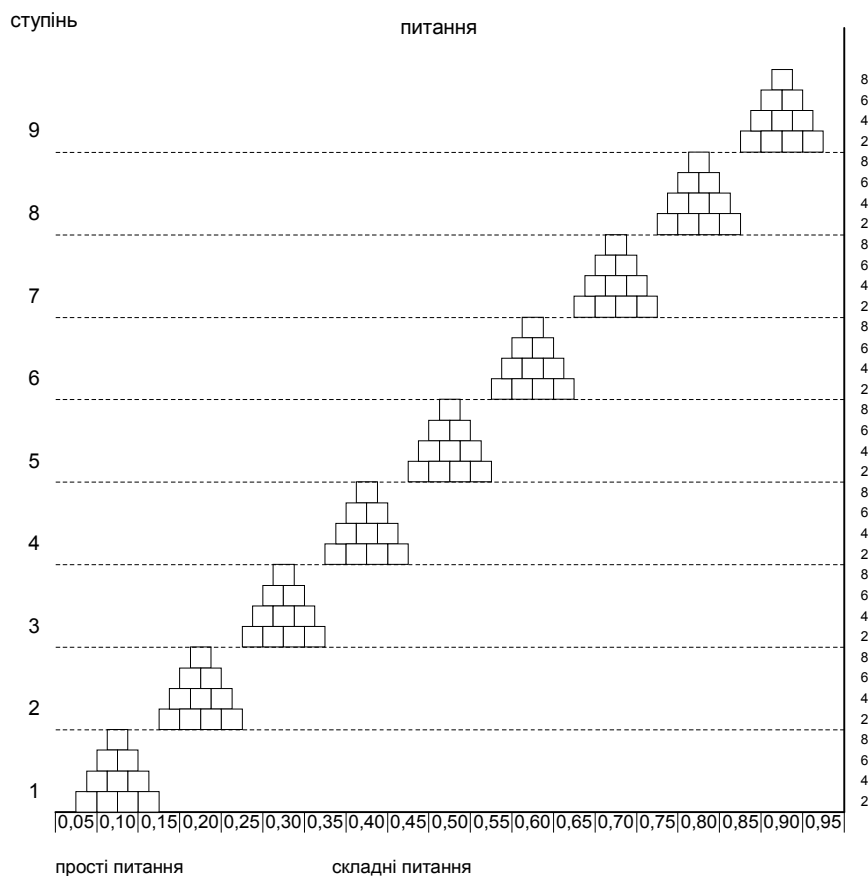


Рисунок 1.7 – Stradaptive тестування

Можна виділити два підходи до створення адаптивних тестів. У першому підході, ухвалення рішення про зміну порядку пред'явлення тестових завдань виробляється на кожному кроці тестування (рисунок 1.8) [15, 81]. В другому підході, прийняття рішення про зміну порядку проходження завдань здійснюється після аналізу результатів відповідей студента на спеціальний блок завдань (рисунок 1.9) [74, 93].

Адаптивність комп'ютерного тесту може виражатися не тільки в зміні порядку пред'явлення блоків тестових питань різного рівня складності. Залежно від поточного результату тестування в повідомлення можуть включатися адаптивні підказки, що спрямовують студента на повторення вже вивченого матеріалу [22].

Модель користувача СДН передбачає явне подання знань, уподобань, цілей, інтересів, історії навігації та інших характеристик користувача і служить для

адаптації до нього різних аспектів. Модель користувача складається з іменованих елементів, для яких зберігається набір пар виду атрибут-значення (компонентів моделі користувача).

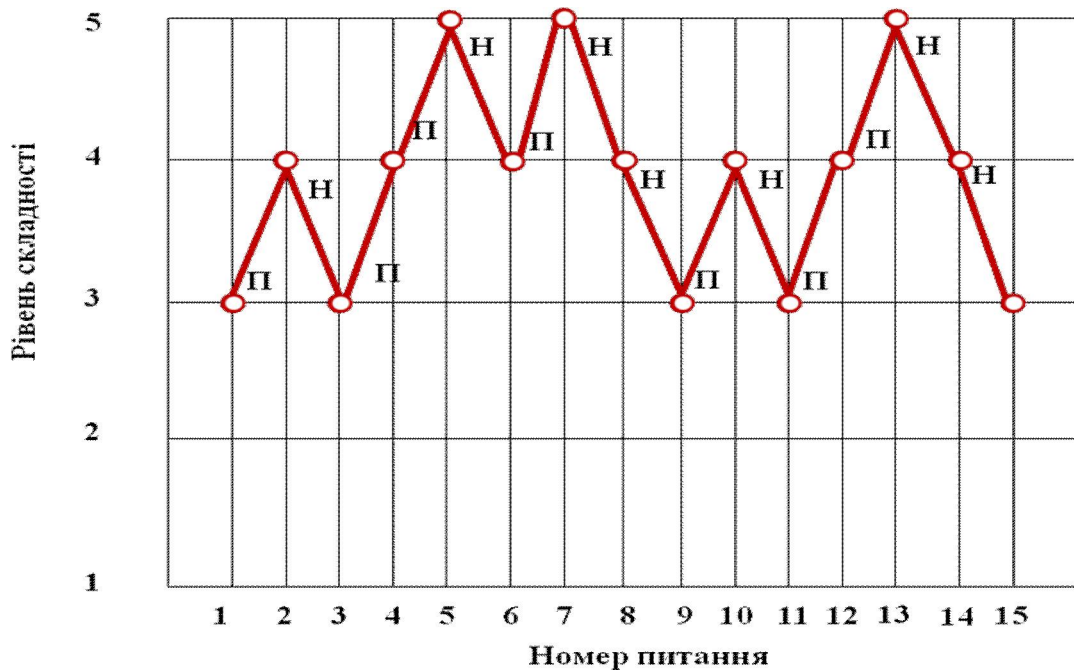


Рисунок 1.8 – Схема зміни складності завдань при постійній адаптації (П – правильна відповідь, Н – неправильна відповідь) [74]

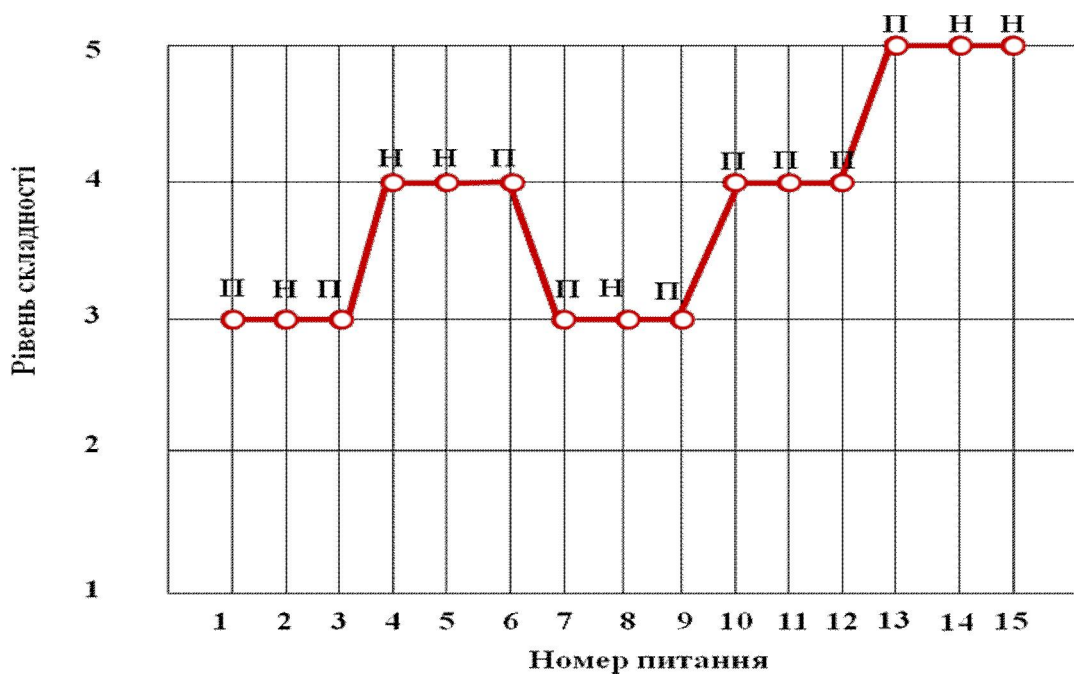


Рисунок 1.9 – Схема зміни складності завдань при блочній адаптації (П – правильна відповідь, Н – неправильна відповідь) [74]

Відповідно до класичної теорії тестів, показниками якості тестових завдань є такі статистичні характеристики, як складність і дискримінативність (диференціююча здатність) [71]. Складність завдання необхідно визначити для правильного конструювання тесту. Вона визначається як частка студентів, котрі виконали завдання. З часом дослідники зрозуміли, що правильніше використовувати частку студентів, котрі не виконали завдання. Дискримінативність визначається як здатність відокремлювати випробовуваних з високим загальним балом по тесту від тих, хто отримав низький бал [71].

Надійність відображає точність тестових вимірювань і стійкість тестових результатів до дії випадкових факторів. Інша важлива характеристика тесту – його валідність, тобто здатність тесту служити поставленій меті вимірювання [71].

Із наведеного вище видно, що дослідження знання-орієнтованих методів має включати:

- дослідження СДН MOODLE на предмет її адаптації з використанням готових навчальних матеріалів у стандарті SCORM для оптимального використання навчальних матеріалів;

- дослідження методів та моделей побудови індивідуальної траєкторії навчання;

- дослідження алгоритмів та програмних засобів побудови індивідуальної траєкторії навчання.

#### 1.4 Вибір перспективного напрямку досліджень і постановка задачі

Адаптивні гіпермедіа-системи відрізняються наявністю моделі студента на основі якої будується адаптація. Адаптивна система заповнює цю модель даними про рівень знань студента, проходження тестів, уподобання та інтереси. В строгому розумінні це швидше профіль студента в СДН. Кількість і якість інформації, що представлена у моделі студента, залежить від типу адаптаційного ефекту, який може надати система [105].



Модель студента залежить від способу моделювання предметної області в системі. Вона може бути скалярною, що представляє рівень знань студента в предметній області єдиним значенням за деякою шкалою – кількісною (наприклад, від 0 до 5 або від 0 до 100) або якісною (наприклад, відмінно, добре, задовільно, незадовільно).

Найпоширенішою є оверлейна модель знань студента, котра представляє знання як підмножину моделі предметної області, що в свою чергу відображає знання предмета на рівні експерта [13]. Оверлейна модель зберігає для кожного фрагменту знань предметної області деяку оцінку знань студента з даного фрагменту.

Існує також модель на основі помилок, що представляє як коректні знання студента, так і неправильні. Моделювання інтересів користувача – новий напрям, характерний для Web-систем. Треба зазначити, що популяризація конструктивізму в навчанні має вплив і на освітні сервіси, і тому вимагає більшої уваги до моделі інтересів користувача в освітньому контексті.

Адаптаційні можливості системи залежать від застосовуваних у ній моделей предметної області та моделі студента. Тобто, метадані навчального матеріалу несуть інформацію про даний навчальний матеріал, а модель студента містить інформацію про студента. Тому адаптація навчального матеріалу для індивідуальної траєкторії навчання здійснюється виходячи з цього. На етапі прийняття рішень про адаптацію обираються конкретні методи адаптації на основі результатів етапу моделювання студента з метою поліпшити обрані аспекти його взаємодії із системою. Для реалізації можливості адаптації студентам видається довідкова інформація, додаткові завдання, додаткові пояснення з певного навчального фрагменту тощо. Ці можливості реалізуються за допомогою тестування: адаптивна система визначає прогалини у знаннях і готує навчальний матеріал для підвищення рівня знань. Таким способом реалізується адаптивне подання контенту і адаптивна навігація в навчальному матеріалі [102].

Отже, постає задача сформулювати для кожного студента індивідуальну траєкторію навчання з оптимально підібраним навчальним матеріалом відповідно

до типу навчального матеріалу (базовий, додатковий, довідковий), рівня його складності та рівня знань студента, а після того, як студент досягне запланованої оцінки з тестування дати йому рекомендації із заповнення прогалін знань і допуск до здачі іспиту у викладача або спрямувати студента на повторне вивчення теми, у разі якщо він не отримав мінімально необхідної або бажаної оцінки.

Викладач формує повний набір навчального матеріалу і базового і додаткового, розрахований на максимально можливий бал з максимальною кількістю навчальних елементів. Від викладача вимагається правильно описати метадані кожного навчального фрагмента, і особливу увагу приділити складності, попередникам і наступникам, типу навчального матеріалу, важливості, часу вивчення. В повну траєкторію навчання входить весь базовий навчальний матеріал, довідковий і роз'яснюючий матеріал, посилання на навчальне відео. Кожен навчальний фрагмент має свій рівень складності, тобто, наприклад, коли студент не знає навчального фрагменту № 1, то не може претендувати на 60 балів, коли не знає навчального фрагменту складністю 80 балів, то не може отримати такої оцінки, а за знання найскладнішого навчального фрагменту можна отримати 100 балів.

Система не генерує індивідуальну траєкторію навчання заново. Вона, користуючись оцінками за тестування, а також метаданими навчальних фрагментів, їх типами та складністю, просто приховує частину навчального матеріалу. Чим нижчий рівень знань студента, тим більше навчального матеріалу приховується від нього. В разі, коли оцінка нижча 60 балів, або не досягнуто бажаної оцінки, система, користуючись метаданими навчальних фрагментів, пропонує довідковий і роз'яснюючий матеріал, навчальне відео. В разі, коли студент має мінімум 60 балів або досягнув бажаного результату, система цікавиться бажанням студента пройти курс навчання на вищу оцінку. Таким чином реалізується циклічний механізм адаптивного навчання і, у разі навчання із більшою складністю, студент рухається по довшому витку спіралі із більшою кількістю навчальних фрагментів або відмовляється і завершує навчання на

коротшому циклі. Крім того, використовуються моделі скорочення часу вивчення навчального матеріалу при обмеженні складності навчального матеріалу, зменшенні потреби в навчальному матеріалі при визначеному часі навчання, зменшенні потреби в навчальних фрагментах при змінній інтенсивності навчання. Використання онтологічної структури навчального фрагменту з інтеграцією в СДН MOODLE, стандарту SCORM та системи баз знань Protégé, теж спрямоване на отримання оптимального, за часом і складністю, підбору навчальних фрагментів.

Таким чином, ця система є знання-орієнтованою, тобто вона заповнює модель студента і вводить в неї перелік навчальних фрагментів та час вивчення, отриману оцінку, визначає прогалини в знаннях студента і адаптує навчальний матеріал відповідно до його знань.

Крім того, тестування студентів теж є адаптивним – залежно від правильності відповіді на блок питань змінюється складність наступного блоку. Завдяки цьому скорочується час тестування і воно не є таким стомлюючим для студента. Разом з тим, навчання стає тривалішим, але забезпечує кращу якість навчання. Особливо добре подібне тестування придатне для осіб з фізичними вадами. Також тестування проходить швидко, коли у студента високий або низький рівень знань.

Третім моментом є те, що залежно від успіхів студента, змінюються підказки системи – тобто система підказок теж є адаптивною.

Тобто, актуальним є формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням онтологій і метаданих навчального матеріалу, що дасть можливість приховувати частину занадто складного навчального матеріалу, а після успішного його вивчення пропонує новий цикл навчання з більшою складністю.

Як вказувалося вище, іншою актуальною задачею є дослідження СДН MOODLE на предмет її адаптації з використанням готових навчальних матеріалів у стандарті SCORM для оптимального використання навчальних матеріалів.

В свою чергу, стандарт SCORM дуже широко використовується в навчальній практиці, є багато навчальних курсів у цьому форматі, але, на жаль, не використовується можливість приховування навчального матеріалу завдяки даному формату, весь навчальний матеріал зразу є видимим і доступним для всіх студентів, незважаючи на їх рівень знань, тобто не є адаптованим.

Із наведеного вище, впливає актуальність вирішення задачі дослідження знання-орієнтованих методів та розробки ІТ для побудови системи комп'ютеризації освіти. Дана задача розбивається на завдання:

1) проаналізувати існуючі моделі та інформаційні технології управління системою комп'ютеризації навчання і вибрати перспективні напрямки досліджень;

2) дослідити семантику та метадані навчальних фрагментів, а також адаптацію навчального матеріалу до індивідуальних особливостей студентів для формування набору навчального матеріалу;

3) розробити алгоритм адаптивного навчання з використанням навігації в мережі навчальних фрагментів;

4) розробити метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів, що включає модель скорочення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання та вдосконалений алгоритм пірамідального тестування;

5) розробити нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання і визначення часу її проходження для введення в онтологію навчального фрагменту нечіткого критерію складності навчального фрагменту і нормативного часу його вивчення для підбору навчальних фрагментів з раціональною складністю і мінімальним часом вивчення;

6) розробити нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування для зміни складності наступних блоків тестових питань та визначення рівня знань студентів;

7) розробити модель формування набору навчальних фрагментів з врахуванням рівня знань студентів та складності навчальних фрагментів;

8) провести статистичну оцінку розробленої інформаційної технології та порівняти її з відомими аналогами.

### Висновки за розділом 1

1. Аналіз стану освітньої та наукової сфери України показав необхідність глобалізації та розвитку інформаційного суспільства, необхідність формування єдиного світового освітнього простору, забезпечення рівного доступу до якісної освіти для всіх та інтеграції в освітнє середовище осіб з обмеженими можливостями.

2. Обґрунтовано, що при побудові оптимальної індивідуальної траєкторії навчання, необхідне використання баз знань, як інструменту для створення та забезпечення роботи СДН. Наведено характеристики онтологій та показано OWL, як найпоширенішу мову подання онтологій.

3. Проведений огляд програмного забезпечення СДН показав доцільність використання MOODLE та підготовки навчальних матеріалів у стандарті SCORM.

4. Обґрунтовано визначальну роль рівня знань студента та складності навчальних фрагментів для зменшення часових параметрів індивідуальної траєкторії навчання.

5. Показано важливість адаптивного навчання і адаптивного тестування для формування і зниження часу проходження індивідуальної траєкторії навчання, шляхом запровадження комп'ютерного адаптивного тестування та оцінки рівня знань і складності завдань за допомогою IRT.

Основні результати розділу опубліковані в працях [68, 69].

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБЛЕННЯ ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНИХ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ

#### 2.1 Метод формування індивідуальної траєкторії навчання

Застосування ІТ у навчальному процесі дає можливість використання адаптивного навчання. СКН з можливістю адаптації видає студенту навчальний матеріал з врахуванням його індивідуальних особливостей і формує індивідуальну траєкторію навчання з використанням навчальних фрагментів заданого рівня складності та додаткового навчального матеріалу, відповідно до результатів проміжного тестування.

Підготовка тестів для адаптивного тестування – досить трудомісткий процес [48]. Для надійної роботи системи комп'ютеризованого навчання потрібно підготувати навчальний матеріал, визначити рівень складності всіх його навчальних фрагментів, зв'язки між ними, розподілити матеріал на базовий, додатковий та довідковий, визначити рівень знань студентів і видавати їм навчальний матеріал, адаптований відповідно до їх рівня знань. Адаптивне тестування використовується для пришвидшення визначення рівня знань і підвищення мотивації студентів [123]. Підготовка тестів для КАТ є складним проектом [120, 121, 122, 133].

Можуть виникнути зауваження, що навчальний план є одним для всіх студентів і їм потрібно вивчити весь навчальний матеріал. Але насправді студенти затрачають різний час на вивчення, показують різний рівень знань навчального матеріалу і отримують різні оцінки. А на наступний курс переводяться і відмінники, і ті, хто має задовільну оцінку. Тому, доцільно сформуванати матеріал для вивчення відповідно до рівня знань студента за результатами попереднього тестування, а після його вивчення – провести проміжне тестування. Коли студент освоїв навчальний матеріал, підготовлений за оцінками тестування, тоді, за бажанням, можна перейти до вивчення складнішого матеріалу, а коли ні – то завершити навчання і перейти до спілкування з викладачем. У цьому разі студент

отримає мінімальну оцінку, на яку він сподівався. Навчання студентів залежить від їх рівня знань і триває тим довше, чим нижчий рівень знань, але при повторюванні рівень знань зростає.

Для навчальних елементів, котрі складно перевірити за допомогою тестування, викладач може використати інші методи контролю. Але, за можливості доцільно зробити декомпозицію навчальних елементів на простіші складові і перевірити їх вивчення та засвоєння за допомогою тестових завдань. В такому разі формування навчального матеріалу для вивчення може бути автоматизовано. А викладач після завершення курсу навчання може перевірити досягнення знання студента за допомогою тестування і в моделі студента, і уточнити оцінку під час особистого спілкування, оскільки творчу діяльність складно оцінити лише за допомогою тестування. Тому, для завершення оцінювання знань студентів потрібно результати тестування доповнювати оцінками викладача у режимі спілкування [49].

Згідно з положеннями Закону про вищу освіту, суттєво збільшується індивідуальна робота студента, тобто зменшується кількість лекцій, практичних робіт. Постає запитання, як в цьому разі сформувавши індивідуальну траєкторію навчання без участі викладача? Саме на це й спрямована робота системи комп'ютеризованого навчання: студент навчається самостійно, система дистанційного навчання будує індивідуальну траєкторію навчання, враховуючи рівень знань студента, а викладач може контролювати результати навчання і тестування, виходити на зв'язок із студентом з порадами і підказками.

Однією із переваг адаптивного тестування є те, що воно підвищує мотивацію студента. Студент із низьким рівнем знань може остерігатися запитань КАТ. Комп'ютер для нього готує простіші запитання, а правильні відповіді студентів на ці запитання підвищують його мотивацію, надають впевненості у своїх силах, оскільки студент не має інформації про складність поставленого запитання, а правильні відповіді підвищують мотивацію.

Проходячи тестування студент отримує оцінки за проміжні та завершальні тести по кожній темі. Таким чином, під час адаптивного навчання формується і

постійно заповнюється модель студента, де вказуються вивчені теми, здані тести, складність питань, фіксуються відповіді та затрачений час на них, отримані оцінки. Іншими словами, модель студента, це його профіль в СКН.

На початку навчання, коли модель студента ще не заповнена, потрібно зареєструвати студента, провести початкове тестування на початку вивчення теми і заповнити його модель. Таким чином, точка входу студента в систему адаптивного навчання залежить від його попередніх оцінок, а у разі відсутності записів – від оцінки за попереднє тестування.

За даними моделі студента формується індивідуальна траєкторія навчання із навчальних фрагментів заданого рівня складності. Потім студент вивчає підготований навчальний матеріал, проходить навчальні тести, розв'язує задачі, відповідає на контрольні питання. Після завершення навчання йому видаються тестові запитання.

СКН перевіряє рівень знань студента, і, у випадку, коли студент має низький бал і претендує на отримання базового рівня знань, спрямовує його на повторне вивчення, додаючи до індивідуальної траєкторії навчання роз'яснюючий матеріал та нові задачі.

Коли ж студент після тестування отримує мінімально-необхідний бал або нижчий від бажаного, йому пропонується вивчення матеріалу на вищому рівні складності. Якщо студент погоджується, то навчання продовжується, а до навчального матеріалу додаються навчальні фрагменти вищого рівня складності. Коли студент не погоджується, то він завершує вивчення навчального матеріалу [50, 123].

Напевно, основним питанням є, як в індивідуальній програмі навчання «змусити» студента вибрати та виконати максимальну складність при навчанні та тестуванні? Що може бути, якщо студенти відмовляться від підвищення рівня складності? Студент повинен набрати щонайменше 60 балів, інакше він не перейде на наступний курс. Бажання отримати більшу кількість балів залежить від необхідності отримати стипендію або від амбіцій студента. У всякому разі, студент з оцінок тестування бачить, що система допускає його до екзамену або



гарантує отримання певного балу. А отримання вищої оцінки залежить вже від його бажання, від необхідності отримати стипендію або від амбіцій. Крім того, викладач перед початком екзамену може продивитися успіхи кожного студента, який матеріал він вивчав, скільки разів проходив курс навчання, які тести здавав, на які питання тесту відповів неправильно [43, 118]. На основі процедур, описаних вище, можна синтезувати структуру системи комп'ютеризованого навчання (рисунок 2.1).

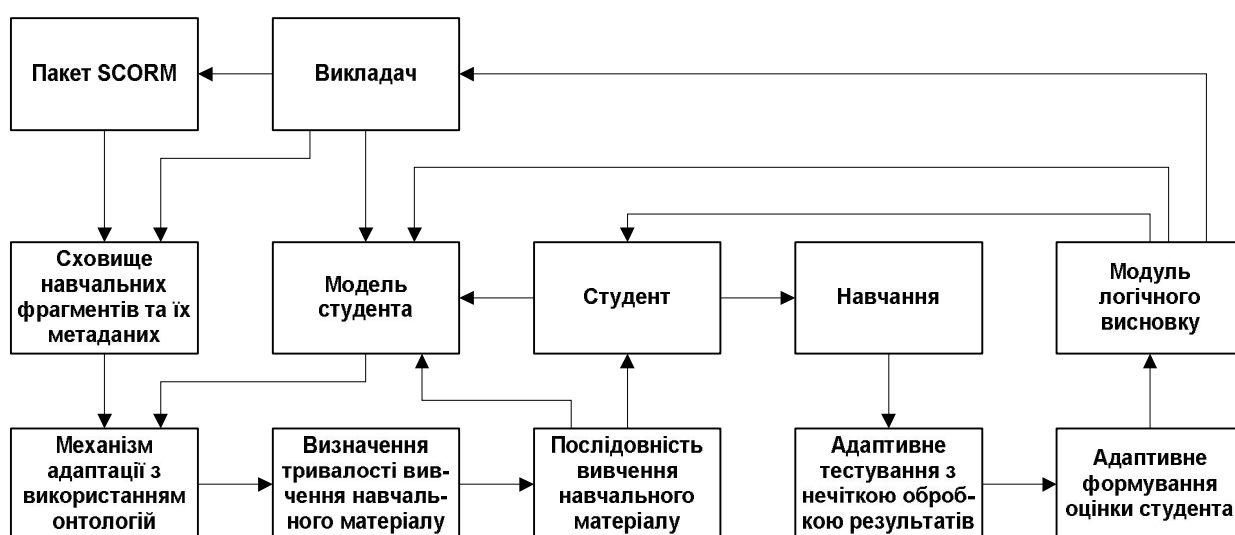


Рисунок 2.1 – Структура системи комп'ютеризованого навчання

Як видно з рисунка 2.1. викладач готує навчальний матеріал, розділяє його на навчальні фрагменти і заповнює метадані всіх навчальних фрагментів. Потім навчальний матеріал розміщується в сховищі навчальних фрагментів та в сховищі метаданих навчальних фрагментів. Механізм адаптації навчальних фрагментів використовуючи навчальні фрагменти, їх метадані та дані з моделі студента формує індивідуальну траєкторію навчання та прогнозує час, необхідний для вивчення. Студент проходить цикл вивчення сформованого навчального матеріалу і проходить комп'ютерне адаптивне тестування. Результати тестування обробляються на основі нечіткого підходу. Формується адаптивна оцінка студента за цикл навчання і її результати надходять у модуль логічного висновку, який повідомляє студента про оцінку, а також записує у модель студента дані про

результати навчання і тестування. Якщо не досягнуто мінімальної або бажаної оцінки, то модуль логічного висновку приймає рішення про необхідність нового циклу навчання, а в іншому випадку – дає допуск на здачу даної теми чи екзамену викладачу.

Якщо передбачається, що тривалість вивчення навчального матеріалу не повинна (або не може) змінюватися з яких-небудь причин, то складність навчального матеріалу може не враховуватися при розрахунках, оскільки вона залишається постійною величиною. Тому час проходження індивідуальної траєкторії навчання буде рівний сумі часу вивчення усіх навчальних фрагментів, залежно від складності навчальних фрагментів і рівня знань конкретного студента.

Тривалість вивчення будь-якого навчального матеріалу можна регулювати за допомогою складності навчальних фрагментів, з яких складається даний навчальний матеріал. У загальному випадку можна припустити, що ця тривалість може змінюватися між двома межами (песимістичною оцінкою) і (оптимістичною оцінкою). Проте, на відміну від методу PERT [95] відомого з управління проектами, в даному випадку вважається, що тривалістю вивчення навчального матеріалу можна управляти шляхом виділення на вивчення простішого або складнішого навчального матеріалу. Тривалість вивчення відповідає нормальному часу вивчення навчального фрагменту  $(i,j)$  і його оптимальній складності і називається нормальною тривалістю. Тривалість вивчення відповідає такому часу вивчення навчального фрагменту  $(i,j)$ , коли вона значно прискорена, і називається стислою тривалістю. Складність вивчення навчального матеріалу в такі терміни більша від оптимальної [51].

Позначаючи через  $c_{ij}$  складність навчального фрагменту  $(i,j)$ , можна допустити, що  $C_{ij} = f_{ij}(tn_{ij})$  в загальному випадку є функцією нелінійного виду. При рості складності зростає тривалість часу навчання аж до межі, коли вивчення навчального матеріалу вже просто неможливе. Функція тривалості вивчення проходить через дуже пологий мінімум і потім зростає через умови навчання, зв'язані з нестачею навчального матеріалу нижчої складності.

В той же час практика показує, що частіше всього  $c_{ij}$  на відрізку  $t_{стисл_{ij}} - t_{норм_{ij}}$  є лінійною функцією від  $t_{ij}$ , для котрої нескладно знайти коефіцієнт зворотної пропорційності  $s_{ij}$  до тривалості вивчення навчальних фрагментів, якщо відомі складність при нормальній тривалості  $t_{норм_{ij}}$  і час вивчення при «стислій» тривалості  $t_{стисл_{ij}}$ :

$$s_{ij} = \frac{t_{стисл_{ij}} - t_{норм_{ij}}}{nf_{наст_{ij}} - nf_{поточ_{ij}}}. \quad (2.1)$$

Де  $nf_{поточ_{ij}}$  – поточний навчальний фрагмент;

$nf_{наст_{ij}}$  – наступний навчальний фрагмент;

$s_{ij}$  – коефіцієнт зворотної пропорційності до тривалості вивчення навчальних фрагментів;

$t_{норм_{ij}}$  – нормальна тривалість вивчення;

$t_{стисл_{ij}}$  – «стисла» тривалість вивчення;

Часто виникає потреба скорочення вивчення окремих навчальних фрагментів для забезпечення запланованих термінів вивчення всього навчального матеріалу, тобто скороченні мережевого графіка. Якщо потрібно максимально скоротити тривалість вивчення усіх навчальних фрагментів, то максимально можливе скорочення  $i$ -го навчального фрагменту становить  $M_i = t_i - t'_i$ , де  $t_i$  – планова тривалість вивчення  $i$ -го навчального фрагменту,  $t'_i$  – тривалість вивчення  $i$ -го навчального фрагменту при максимальному скороченні. Питома трудомісткість в розрахунку на одиницю скорочення тривалості вивчення  $i$ -го навчального фрагменту становить  $E_i = \frac{e'_i - e_i}{M_i}$ , де  $e_i$  – трудомісткість вивчення  $i$ -го навчального фрагменту,  $e'_i$  – трудомісткість вивчення  $i$ -го навчального фрагменту

при максимальному скороченні тривалості вивчення. Тоді скорочення часу вивчення навчальних фрагментів може бути описано наступним чином (рисунок 2.2).

З рисунка 2.2 видно, що спочатку визначається перелік базових та додаткових навчальних фрагментів (блоки 2-4), потім визначаються навчальні фрагменти, котрі можна скоротити без затрат та найпростіше (блоки 5-9), після цього скорочується вивчення всіх навчальних фрагментів на одиницю часу (блок 11) і у блоці 12 перевіряється доступність навчальних фрагментів на скорочення.

Як вказано вище, складність навчальних фрагментів і тестових питань є дуже важливою їх характеристикою, і визначити її доцільно за допомогою апарату IRT. Звичайно, апарат IRT досить складний, і тому починати розробку тесту потрібно, ґрунтуючись на класичній теорії, незважаючи на її низьку ефективність та істотні недоліки. Тому, простіше спочатку використати апарат класичної теорії тестів, щоб усунути з тесту найпростіші і найскладніші запитання, а також питання, що погано корелюють із отриманими результатами. А після цього вже можна застосовувати математичний апарат IRT [103].

Для визначення рівня складності навчальних об'єктів потрібно провести тестування і занести результати тестування в матрицю тестування. Після цього буде видно, які завдання слід усунути з обробки результатів тестування (завдання на які відповіли всі або ніхто не відповів, а також оцінки студентів, які дали правильні відповіді на всі запитання або не дали жодної). Після цього усуваються завдання, що мають слабку кореляцію із отриманими балами (менше 0,2). Також доцільно опрацювати дистрактори на питання і замінити відповіді, які вибрало менше 5% опитуваних.

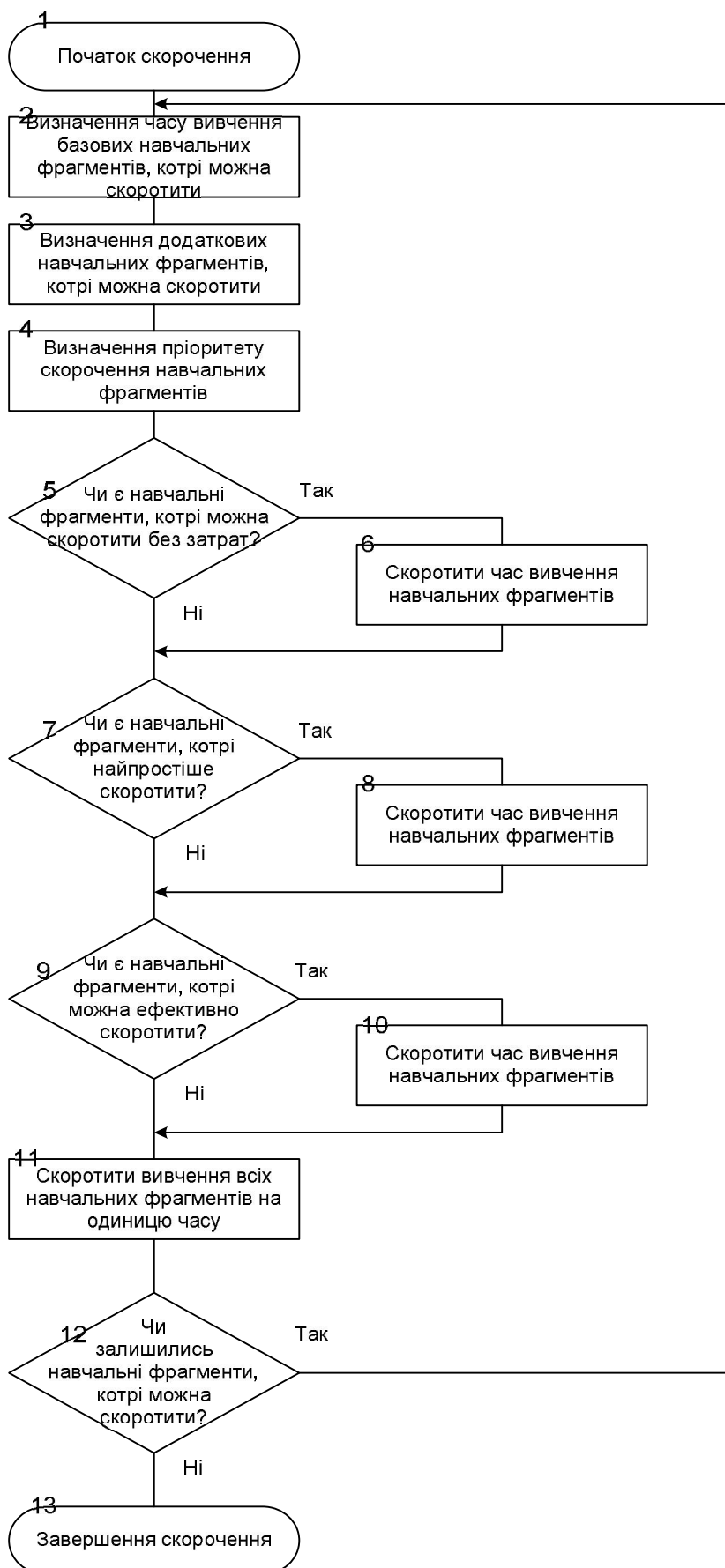


Рисунок 2.2 – Алгоритм скорочення часу вивчення навчального матеріалу

Реалізація запропонованого механізму дає змогу побудувати індивідуальну навчальну траєкторію. При цьому студент забезпечується теоретичним матеріалом, вправами для вивчення теорії, інструктивними матеріалами для виконання вправ, відповідно до його моделі, тобто студент забезпечується навчальним матеріалом відповідно до його індивідуальних особливостей.

Як складність питань, так і рівень знань студентів визначаються в логітах, які теоретично можуть змінюватися від  $-\infty$  до  $+\infty$ , але рекомендованими межами є від -5 до +5 [86]. Проте для підготовки навчального матеріалу певної складності та для виставлення оцінки студентам потрібно перевести їх оцінку або складність питань в звичну систему оцінювання: п'ятибальну, дванадцятибальну чи стобальну. Для цього можна використати наступну формулу, де шкала логітів зміщується так, щоб вона починалася з нуля, а потім отриманий відрізок масштабується на бажану систему оцінювання:

$$C_i = \frac{(\theta_i + 5) \cdot M_{\max}}{10},$$

де  $C_i$  – перевід оцінки  $i$ -го студента;

$\theta_i$  – логіт успішності  $i$ -го студента;

$M_{\max}$  – максимальна оцінка у вибраній системі оцінювання.

Наприклад, логіт +2,9 при переводі у стобальну систему оцінювання буде:

$$C_i = \frac{(2.9 + 5) \cdot 100}{10} = 79$$

Потрібно зауважити, що від'ємні логіти складності питань свідчать про їх недостатню складність, а від'ємні логіти рівня підготовки студентів свідчать про недостатню підготовку. В деяких університетах прийнята 100 бальна система, і трійці відповідає 60 балів. В додатку Б наведено перевід логітів у різні системи оцінювання за даною формулою.

Навчальний час потрібно зменшувати: студентам з низьким рівнем знань давати більше визначень, теорії, довідкового і роз'яснюючого матеріалу, поки не отримають хоча б 60 балів, студентам з високим рівнем знань – мінімізувати час на вивчення обов'язкового матеріалу, а більше часу відвести на наукову роботу.

Ресурсів, особливо, часових, майже завжди не вистачає, тому постає необхідність оптимального використання наявних ресурсів і контроль рівня їх використання. Що повинно привернути особливу увагу при побудові індивідуальної траєкторії навчання? Насамперед, потрібно взяти до уваги наступні питання:

- щоб розробка навчального матеріалу не стала занадто складною для викладача;

- щоб час проходження індивідуальної траєкторії навчання був меншим – тоді у вільний час студент може зайнятися науковою діяльністю або вивчити складніший матеріал поза програмою;

- регулювання кількості навчального матеріалу різного рівня складності на різних фазах проходження індивідуальної траєкторії навчання теж може бути базою для зменшення кількості навчального матеріалу;

- скорочення часу може мати вплив на мотивацію студентів: студенти з вищим рівнем знань економлять час на вивчення обов'язкової програми, а студенти з нижчим рівнем знань, хоча й затрачають зайвий час, але мотивуються вищим рівнем знань і кращими оцінками.

Розглянемо модель скорочення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання. Як правило, час проходження індивідуальної траєкторії навчання складається із суми часу вивчення навчальних фрагментів, залежно від їх складності та рівня знань студента, а також завершального тестування [44]:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{навч}} + T_{\text{кінц}}, \quad (2.2)$$

де  $T_{заг}$  – загальні затрати часу на проходження індивідуальної траєкторії навчання;

$T_{навч}$  – затрати часу на вивчення навчального матеріалу;

$T_{кінц}$  – затрати часу на кінцеве тестування.

Час навчання є сумою часу вивчення усіх навчальних фрагментів, які входять в індивідуальну траєкторію навчання:

$$T_{навч_j} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{нф_i}}{R_{зн_j}} t_{норм_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m), \quad (2.3)$$

де  $T_{навч_j}$  – загальні затрати часу на проходження індивідуальної траєкторії навчання  $j$  студентом;

$C_{нф_i}$  – складність  $i$  навчального фрагменту;

$R_{зн_j}$  – рівень знань  $j$  студента;

$t_{норм_i}$  – нормативний час вивчення навчального фрагмента.

Перед викладачем постає завдання зменшення затрат часу на проходження індивідуальної траєкторії навчання, тобто перерозподіл кількості навчальних фрагментів так, щоб студенти швидше вивчили оптимальну кількість навчальних фрагментів, отримали максимальні знання і виділили час на наукову роботу. Затрати часу потрібно мінімізувати.

$$T_{заг} \rightarrow \min, \quad (2.4)$$

При цьому фактичний час проходження індивідуальної траєкторії навчання  $T_{факт}$  є трохи більшим від суми часу вивчення навчального матеріалу  $T_{навч}$  та кінцевого тестування  $T_{кінц}$ :

$$T_{факт} \geq T_{навч} + T_{кінц}. \quad (2.5)$$



Для формування індивідуальної траєкторії потрібно використовувати модель студента, яка містить інформацію про його рівень знань. На початку вивчення дисципліни вона ще не заповнена. Проводити початкове тестування недоцільно, оскільки дисципліна, чи навіть тема з певної дисципліни є новими і невідомими для студента. Для заповнення моделі студента потрібно просто зафіксувати його початковий рівень знань. Для цього можна у модель студента:

- ввести середній бал зовнішнього незалежного тестування і/або середній бал атестата (у випадку викладання дисципліни у першому семестрі першого року навчання);

- ввести рейтинг студента (середній бал за даними деканату);

- ввести середній бал із суміжних дисциплін.

Схематично процес навчання подано на рисунку 2.3.

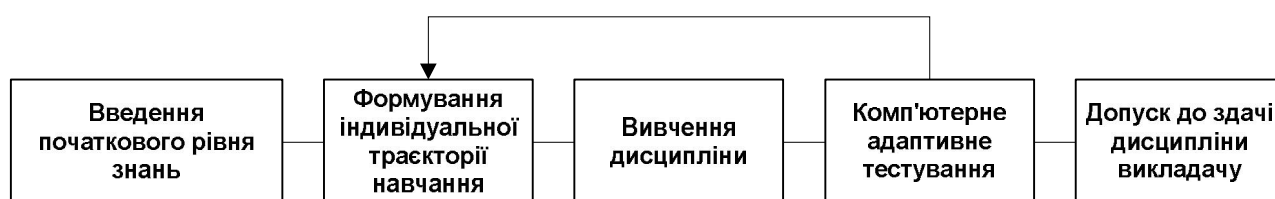


Рисунок 2.3 – Схема навчання студента

Як видно з рисунка 2.3, викладач на початку викладання дисципліни вводить у модель кожного студента його початковий рівень знань. Згідно нього проводиться формування індивідуальної траєкторії навчання для кожного студента і він вивчає весь перелік сформованого навчального матеріалу. Після вивчення теми проводиться комп'ютерне адаптивне тестування і згідно результатів тестування студент або спрямовується на проходження індивідуальної траєкторії навчання з додаванням нового роз'яснюючого навчального матеріалу, або отримує допуск до здачі дисципліни викладачу. Узагальнений алгоритм формування індивідуальної траєкторії навчання наведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Узагальнений алгоритм навчання

В моделі студента фіксуються усі навчальні фрагменти кожного циклу індивідуальної траєкторії навчання, які питання були на тестах, якими були відповіді. Тобто навчальна система контролює, щоб студент отримав відповідний навчальний матеріал і здав тести із гарантованим мінімальним балом, а отримання вищого балу залежить вже від бажання студента. Циклічна діаграма адаптивного навчання (рисунок 2.5) передбачає формування індивідуальної траєкторії навчання і тестування студентів залежно від їх рівня знань.

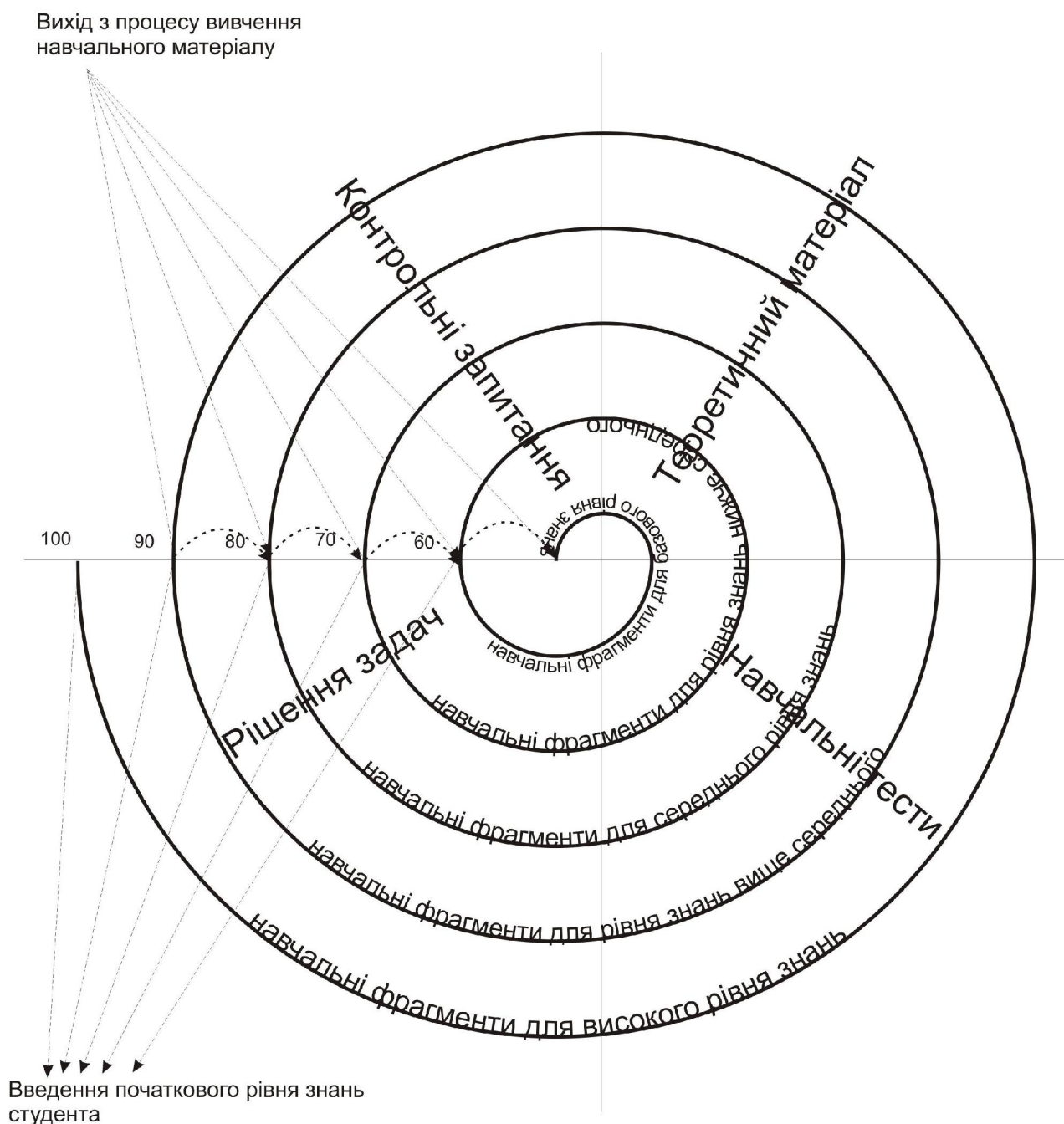


Рисунок 2.5 – Циклічна діаграма адаптивного навчання

Для дистанційного навчання потрібно в більшій мірі використовувати комп'ютеризоване навчання – навчальна система повинна наближено визначити рівень знань студента і запропонувати йому навчальний матеріал відповідно його рівню знань. Коли, під час тестування, виявляється недостатність рівня знань студента, він повинен вивчити додатковий матеріал, повторити вже вивчений, виконати задачі та повторно протестуватися.

При тестуванні студенту даються блоки навчальних тестових питань, що складаються із трьох питань кожен. При більшості правильних відповідей студент переходить на вищий рівень складності питань, при більшості неправильних відповідей – переходить на нижчий рівень складності.

Автором вдосконалено алгоритм навчання (див. рисунок 2.4), в якому реалізовано адаптацію до рівня знань студента та складності навчального матеріалу (рисунок 2.6) [50].

Як видно із схеми алгоритму, спочатку потрібно підготувати навчальний матеріал (підготувати метадані усіх навчальних фрагментів і визначити рівень складності питань) і ввести початкові дані про рівень знань студента у модель студента. Оформлені навчальні фрагменти зберігаються у сховищі навчальних об'єктів, а їх метадані – в сховищі метаданих навчальних об'єктів. Головним і найскладнішим завданням викладача є правильне визначення: типу і складності навчальних об'єктів, нормативного часу їх вивчення, співвідношення даної складності з рівнем знань студентів, визначення ймовірності правильних відповідей, послідовності їх вивчення.

Потім, відповідно до рівня знань студента, проводиться формування навчального матеріалу для вивчення і, власне, вивчення. Після вивчення підготованого навчального матеріалу, студент проходить тестування, і за результатами цього тестування, при необхідності, спрямовується на додаткове вивчення навчального матеріалу, а остаточне оцінювання відбувається вже за участю викладача.

Автором запропоновано об'єднувати питання в тематичні блоки з непарною кількістю питань, наприклад три або п'ять, щоб визначати переважну кількість правильних чи неправильних відповідей. При більшості неправильних відповідей, студент переходить на нижчий рівень складності запитань, при всіх неправильних відповідях – на два рівні нижче. При переважній кількості правильних запитань, студент переходить на вищий рівень складності, а при усіх правильних відповідях – на два рівні вище. Як результат, модель пірамідального тестування (див. рисунок 1.5) буде вдосконалена (рисунок 2.7) [118].

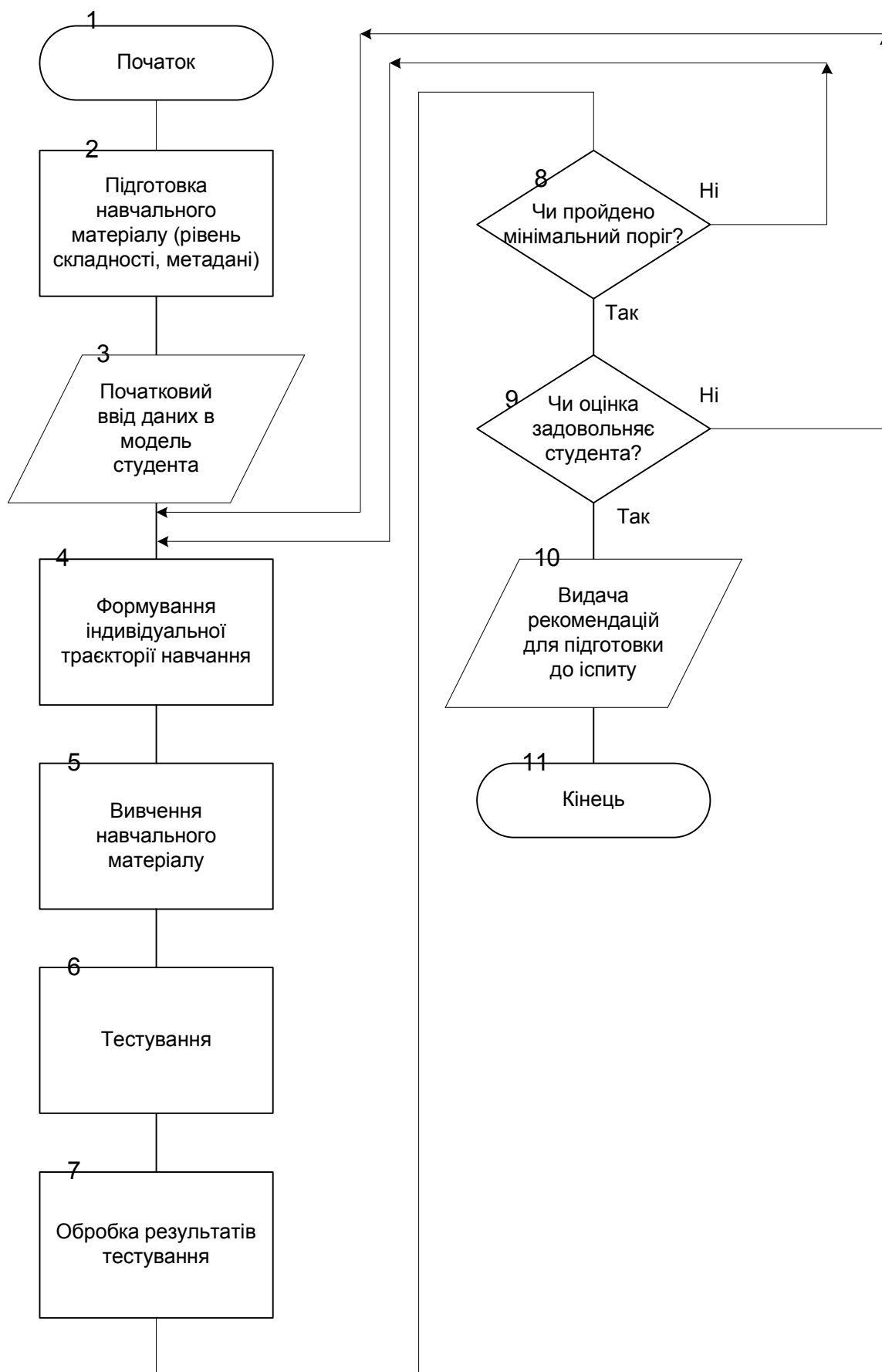


Рисунок 2.6 – Схема алгоритму адаптивного навчання

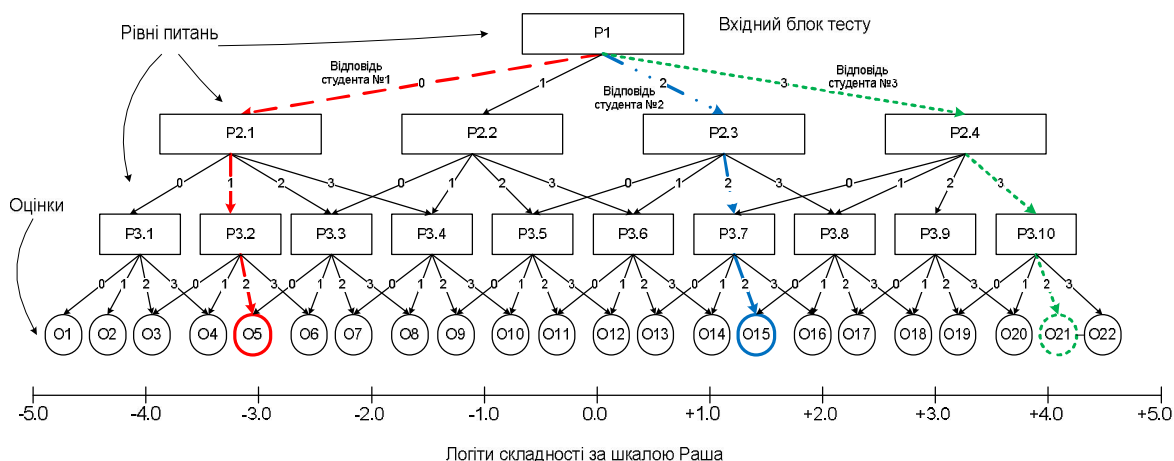


Рисунок 2.7 – Вдосконалена модель пірамідального тестування

Як видно з рисунка 2.7, вхідний блок тесту є на рівні 1. З нього студент може перейти на блоки другого рівня від P2.1 до P2.4 залежно від правильності відповідей. Цифри на стрілочках показують кількість правильних відповідей. Пунктирна лінія від блоку P1 до блоку P2.1 і далі – відображає відповіді на тест студента з низьким рівнем знань, лінія від блоку P1 до блоку P2.3 і далі – відображає відповіді студента із середнім рівнем знань, а лінія від блоку P1 до блоку P2.4 і далі – відображає результати студента з високим рівнем знань.

В даному підході покращується мотивація студентів з високим рівнем знань, оскільки вони бачать, що комп'ютер оцінюючи їх рівень знань видає їм складні запитання. Для студентів з низьким рівнем знань теж підвищиться мотивація у випадку правильних відповідей на питання, хоча ці питання і є нескладними [50, 123]. Такий підхід дає можливість на відміну від відомого адаптивного тестування [146] зменшити час тестування і підвищити мотивацію студентів. Найкращих студентів можна мотивувати науковою роботою. Решту студентів можна мотивувати необхідністю стипендії, а студентів з низьким рівнем знань можна мотивувати тим, що у них спочатку невисокий рівень оцінок, вони зневірені у свої знаннях і хочуть отримати хоча б 60 балів, а система їх виводить на цей рівень, причому рівень знань у них зростає.

Отже, в даному параграфі дано моделі вибору навчального матеріалу відповідно до рівня знань студента при формуванні індивідуальної траєкторії навчання.

## 2.2 Онтологія навчальної дисципліни

В основі Web-онтології лежать властивості, класи, об'єкти і обмеження, котрі реалізують уявлення про об'єкти, як про множину сутностей, що характеризується певним набором властивостей. Ця сутність перебуває в певних відносинах і об'єднується за певними ознаками в групи. В результаті повного опису об'єктів і їх властивостей предметна область представляється як складна ієрархічна база знань, над якою можна буде здійснювати «інтелектуальні» операції, такі як семантичний пошук і визначення цілісності та достовірності даних.

В рамках навчальних процесів застосування Web-онтологій дає можливість специфікувати основні компоненти навчальних дисциплін – лекції, практичні, лабораторні роботи, навчальні матеріали, а також забезпечить можливість організації ефективного розподіленого доступу до навчальних ресурсів, шляхом створення єдиної бази знань, котра поєднує в собі навчальні дисципліни і може бути розподіленою в мережі Інтернет, що зробить її незалежною від інтерпретації конкретного навчального процесу. Внаслідок цього, роль навчальної системи буде зведена до ролі інтелектуального агента, що проводить вибірку з бази знань або її зміну, залежно від контексту навчання. Також можливо проводити тестування, генеруючи контрольні завдання відповідно до семантики описаних онтологій конкретних навчальних курсів [32].

Наприклад, з онтології навчальної дисципліни (рисунок 2.8), видно, що викладач є розробником навчальної дисципліни, а навчальна дисципліна розроблена викладачем. Навчальна дисципліна вивчається студентом, а студент вивчає навчальну дисципліну. Навчальна дисципліна складається з лекцій, практичних та лабораторних занять, а останні є складовими частинами навчальної

дисципліни. Лекції містять навчальні фрагменти, які є складовими частинами лекцій.

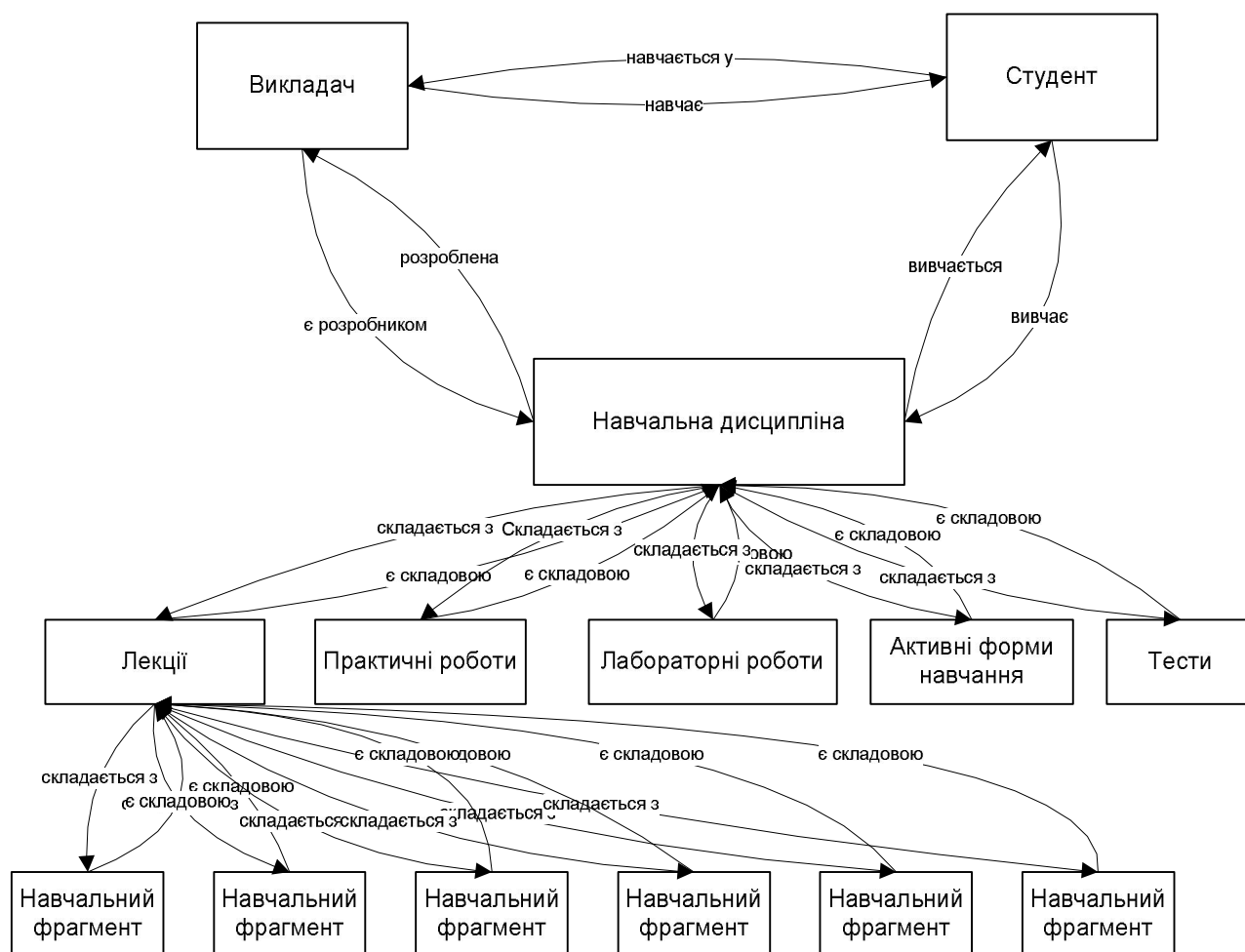


Рисунок 2.8 – Онтологія навчальної дисципліни

Наприклад, з онтології лекції (рисунок 2.9) видно, що викладач навчає студента, а студент навчається у викладача. Викладач є розробником навчальних фрагментів, а навчальні фрагменти розроблені викладачем. Навчальні фрагменти вивчаються студентом, а студент – вивчає навчальні фрагменти. Навчальні фрагменти є попередниками або наступниками одні інших.

Використовуючи дану онтологію і беручи до уваги метадані навчальних фрагментів здійснюється підбір навчальних фрагментів для побудови індивідуальної траєкторії навчання.



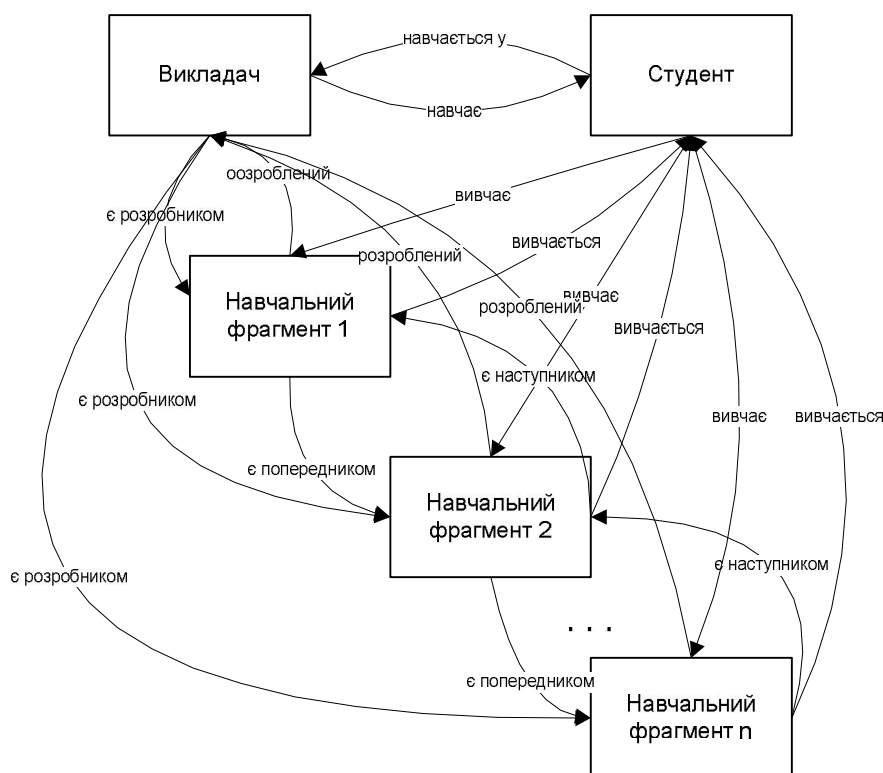


Рисунок 2.9 – Онтологія лекції

Онтологія навчального фрагменту включає наступні класи: автор, тема, опис, видавець, спонсор, дата, тип, формат, ідентифікатор, джерело, мова, зв'язки, охоплення, права. Клас «тип» навчального матеріалу містить дані про його тип (базовий теоретичний матеріал, додатковий теоретичний матеріал, роз'яснюючий матеріал, задачі на виконання). Дуже важливим класом для побудови індивідуальної траєкторії навчання є клас складності, за допомогою якого і формується набір навчального матеріалу. Простіше кажучи, тут задається максимальний бал студента за опрацювання даного навчального фрагмента. Також важливим є час вивчення навчального фрагмента при відомій складності і рівню знань, тобто коли складність навчального фрагмента вища від рівня знань – час вивчення зростає, в протилежному випадку – зменшується.

Наприклад, з онтології навчального фрагменту (рисунок 2.10) видно, що викладач є розробником навчальної дисципліни, а навчальна дисципліна розроблена викладачем. Викладач є розробником лекції, а лекція розроблена викладачем. Лекція містить навчальні фрагменти, а навчальні фрагменти є складовими лекції. Навчальні фрагменти вивчаються студентом, а студент вивчає

навчальні фрагменти. Студент відповідає на питання тесту, який містить відповіді. Навчальний фрагмент містить теоретичний матеріал, вправи, таблиці, формули, звіти, а вони є складовими частинами навчального фрагменту.

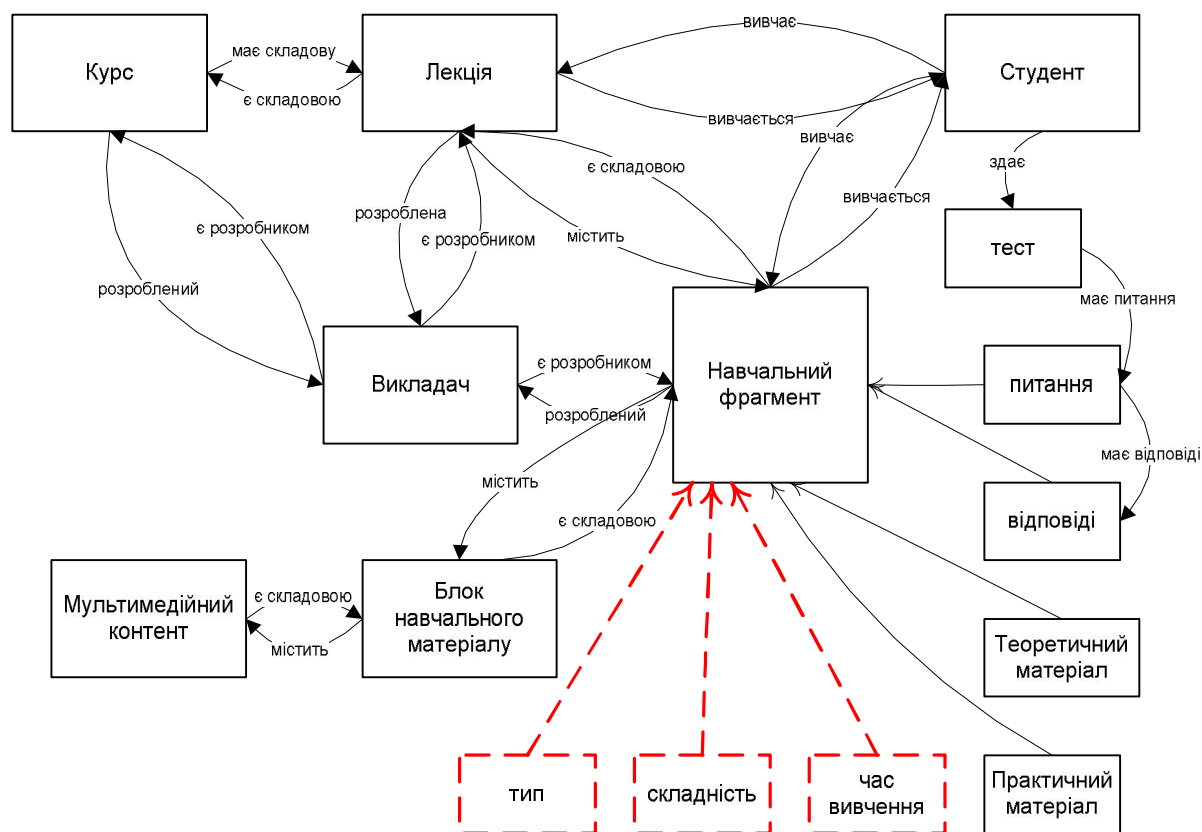


Рисунок 2.10 – Вдосконалена онтологія навчального фрагменту

Онтологія – формальний опис конкретної прикладної області інтересів, розділеної між гетерогенними додатками. З підтримкою онтології, користувачі та системи можуть спілкуватися один з одним, підтримуючи інформаційний обмін, який базується на семантиці, а не тільки на синтаксисі.

Існують онтологічні додатки, де інформація часто є невизначеною і неточною. Наприклад, семантичні додатки на основі семантичних мереж, таких як електронна комерція, управління знаннями, веб-портали тощо. Дійсно, концептуального формалізму на основі стандартної онтології може бути недостатньо, щоб представити неточну інформацію. Таке явище досить часто зустрічається в багатьох прикладних областях. Наприклад, ключові слова,

отримані багаторазовими запитамі в одній і тій же області не можна розглянути з однаковою актуальністю, оскільки деякі ключові слова можуть бути більш значущими, ніж інші. Таким чином, виникає необхідність в різній інтерпретації залежно від контексту.

Одне з можливих рішень, для обробки невизначених даних і, отже, для вирішення таких проблем, полягає в тому, щоб забезпечити включення нечіткої логіки в онтологію [6]. Мета теорії нечітких множин полягає в тому, щоб описати невизначене поняття через узагальнене поняття множини, відповідно до якого об'єкт може належати до певної міри множині (як правило, дійсне число з інтервалу  $[0,1]$ ). Наприклад, семантичний зміст заяви, такої як «Студент із високим рівнем знань може вивчити навчальний фрагмент із складністю нижчою за середню за малий час», може мати ступінь або значення істинності 0,6. В даний час, нечіткі множини і онтології спільно використовуються для усунення невизначеної інформації в різних областях, наприклад, для пошуку в документах або для створення наукової онтології з бази даних в ESKIMO і FOGA структурах. Проте, ні в одному з цих прикладів немає злиття теорії нечітких множин і онтології [6], але оскільки онтології все більше набирають популярності, це питання не могло залишитися поза увагою. Зараз активно ведуться дослідження і навіть є деякі напрацювання застосування теорії нечіткої логіки в онтологіях [107, 126].

Приклад визначення лінгвістичної змінної «навчальний фрагмент рівня складності вище середнього» і відповідної функції належності:

```
<AnnotationAssertion>
  <AnnotationProperty IRI="#fuzzyLabel"/>
  <IRI>#СкладністьВищаСередньої</IRI>
  <Literal datatypeIRI="&rdf; PlainLiteral">&lt; fuzzyOwl2
fuzzyType="&quot;datatype&quot; &gt;
  &lt;Datatype type="&quot;trapezoidal&quot; a=2.5; b=3; c=4; d=4.5; /&gt;
  &lt;/fuzzyOwl2&gt;</Literal>
</AnnotationAssertion>
```

У роботі Л. Заде [149] представлена теорія уточнення значень, основні положення якої наведено нижче. Концепція точності / неточності планів вираження і змісту понять. Кожне поняття має зміст (value), яке може бути задано точно або неточно ( $v$ -precise,  $v$ -imprecise). Кожне поняття характеризується і своєю формою значення (meaning), яка також може бути виражена точно або неточно ( $m$ -precise,  $m$ -imprecise). Атрибут  $m$ -precise Заде використовує як аналог терміна «математично визначений».

Для встановлення неточного значення замість одиничного значення (singleton) необхідно використовувати: інтервал, розподіл будь-якої функції множини.

Розглянемо алгоритм завдання нечіткого відношення відповідно до методики FuzzyOWL:

1. Створюється нова властивість-анотація `fuzzyLabel`, в якій будуть задаватися параметри нечіткості кожного елемента онтології.

2. Лінгвістичні змінні визначаються в формі нових створених типів даних (Datatype).

3. Для кожного створеного типу даних задаються верхня і нижня межа прийнятих значень, вибирається тип функції належності і для неї задаються параметри відповідності.

Методологія FuzzyOWL передбачає аналітичне визначення декількох можливих типів функцій належності:

- трикутні (triangular);
- трапецієвидні (trapezoidal);
- лінійні (linear);
- кусково-лінійні: лівобічні і правобічні (left-shoulder and rightshoulder).

Однією з головних вимог до освітніх мережевих систем є забезпечення високого рівня сумісності (interoperability), тобто можливості взаємодії з іншими системами, що надзвичайно важливо при створенні розподілених навчальних середовищ в семантичних мережах. Більшість з них реалізує цю вимогу за рахунок відкритості інтерфейсів доступу до своїх сервісів і/або шляхом

використання єдиного формату для обміну даними, а саме XML, здійснюючи, при необхідності, XSL-перетворення [41].

У Web-онтології визначається зміст використовуваних понять, характерних для конкретної дисципліни, тобто специфікуються об'єкти предметної області, а потім за допомогою мови трансформацій XSLT структурується вміст онтології, а за допомогою XSLT-FO – форматується і візуалізується представлення вмісту онтології в необхідному форматі. XSL Formatting Objects, або XSL-FO, є мовою розмітки форматування XML документів, котрий найчастіше використовується для генерування PDF файлів. XSL-FO є частиною XSL (Extensible Stylesheet Language), а набір технологій W3C розроблено для трансформування і форматування даних у форматі XML. Таким чином можна створити структуру навчального матеріалу в електронному вигляді.

У додатку В показано тексти файлів: файл student.xml з даними, файл таблиці стилів student.xsl, що використовується для перетворення student.xml в student.html та у файл students.fo, що використовується для перетворення student.xml в student.pdf.

Файл students.xml за своєю структурою є подібним на файл бази даних, де у даному випадку містяться дані про дисципліну та студентів (прізвище, група, оцінки за модулі та іспити). При спробі виводу його на екран монітора за допомогою веб-браузера відбувається вивід неформатованої інформації.

Файл students.xls виконує роль таблиці стилів css і у ньому міститься інформація про формат виводу даних з файлу students.xml на екран монітора. Коли даний файл розміщений в одній папці з файлом students.xml, тоді відбувається форматований вивід файлу students.xml. у даному випадку вивід інформації про успішність студентів організовано у вигляді таблиці, певні написи задано напівжирним шрифтом. Тобто, процесор XSLT зчитує дані із students.xls, застосовує до цих даних правила з students.xls і створює HTML-таблицю в students.html. Програмні агенти, котрі читають файл students.xml, можуть розрізнити різні дані про студента за допомогою відповідних тегів.

У файлі students.fo задаються параметри виводу цієї ж інформації у формат \*.pdf (параметри сторінки та відступів, параметри таблиці, розміри шрифтів тексту тощо). Формат \*.pdf – зручний для виводу документів на друк.

Наповнивши дану онтологію практичним змістом, тобто об'єднавши онтології, можна отримати повноцінну інформаційну базу, візуалізація котрої дає представлення навчального матеріалу. Візуалізовану навчальну інформацію можна представляти в різних видах: HTML, DOC, RTF, XML, PDF [84].

Проведений аналіз і концептуальний вибір структури онтології освітньої діяльності встановив, що кореневою онтологією СКН повинно бути нормативне забезпечення дистанційної освіти. Запропонований підхід щодо створення Web-онтології «Навчальна дисципліна» може використовуватись для розробки Web-орієнтованих навчальних ресурсів і для підтримки дистанційного освітнього процесу в середовищі семантичного вебу.

При розміщенні СКН на освітньому Web-порталі, у вигляді СДН MOODLE, онтологічний підхід сприятиме: підвищенню репрезентативності інформації, що надається керівництву для ухвалення рішень в освітній і науковій сферах; покращення точності визначення джерел необхідної інформації з врахуванням їх семантики; завданню розширеного переліку форм представлення інформації; здійсненню автоматичної доставки інформації відповідно до її появи або оновлення змісту у визначених джерелах.

Як результат застосування сучасних семантичних засобів для систем дистанційного навчання запропоновано використати наведені в додатку В.3 тексти програм, що дають можливість наочно перетворювати дані з формату \*.xml у формат \*.pdf.

Таким чином, наведений вище підхід до створення СКН, орієнтованої на семантичний веб, дає змогу вирішити задачу синтаксичної сумісності. Проте, для організації взаємодії між різними освітніми системами в Інтернет у більшості випадків недостатньо забезпечення лише такої сумісності. Це обумовлено, перш за все, тим що одну і ту ж інформацію можна синтаксично по-різному представити, і, як наслідок може виникнути природний бар'єр між системами. На

сьогоднішній день практично не існує освітніх систем, що вирішують це завдання за рахунок використання єдиного представлення даних предметної області, а саме, використовуючи єдиний словник (таксономію) з описами використовуваних даних (онтологію) [128]. Саме проблема відсутності чітких семантичних визначень заважає об'єднанню освітніх систем різних виробників. Після складання такого словника для представлення даних предметної області можна використовувати мову Web-онтологій OWL.

На сьогоднішній день найдоцільнішим підходом щодо розвитку СКН є використання технологій семантичного вебу, тому що вони забезпечують наявність для будь-якої інформації розміщеної в мережі точного змісту, пов'язаного з цією інформацією, і котрий неможливо переплутати навіть у разі збігу фраз або слів, що зустрічаються в різних контекстах. Фактично це означає, що інформація зв'язується з деяким невіддільним від неї контекстом і передбачає семантичне Web-серверне зберігання і видачу інформації користувачеві на базі онтології [112].

Семантичні навчальні портали забезпечують співтовариство [119]: онтологіями, щоб учасники могли представляти інформацію та новини в узгодженому порядку; розширеним пошуком і навігаційними можливостями, на основі класифікації інформаційних елементів і зв'язків між ними; семантичними описами навчальних ресурсів, доступними на порталі; персоналізацією навчального досвіду, отриманого з аналізу моделей студентів; можливостями ефективної співпраці між користувачами порталу (між студентами, між студентами і викладачами); співробітництво і обмін знаннями між усіма користувачами семантичного навчального порталу, особливо між викладачами як важливий результат застосування онтологій в навчанні.

Онтологія навчальної дисципліни включає наступні класи: загальну інформацію (назва, зміст, автори, індекс, словник термінів), опис курсу, послідовність лекцій, лекції, лабораторні та практичні роботи, список використаної літератури. Відповідно до такого варіанту структури онтології освітньої діяльності при концептуалізації Web-порталу для вирішення

управлінських завдань в СКН необхідно, принаймні, розробка наступних класифікаційних схем управлінської інформації [31]:

- управління нормативним забезпеченням освіти;
- управління якістю освіти;
- організаційне управління;
- управління записами (записами управління якості, організаційними розпорядженнями тощо);
- управління освітніми процесами.

На основі цих класифікаційних схем можуть бути розроблені як окремі таксономії систем управління освітньою діяльністю, так і таксономії інформаційного порталу в цілому для системи дистанційного навчання.

Для формування на семантичному веб-порталі інформації для керівництва і викладачів на кожному з рівнів освітньої діяльності необхідні онтології, що відповідають завданням, які вирішуються на цих рівнях: онтологія формування політики навчального закладу; онтологія дистанційного навчання; онтологія СКН; онтологія якості навчання.

Для ефективнішого використання інформації, що породжується різними системами управління на кожному рівні управлінської ієрархії освітнього закладу необхідне забезпечення її репрезентативності. Репрезентативність інформації може бути досягнута кваліфікованим відбором і формуванням несуперечливої інформації для ухвалення рішення на кожному з управляючих центрів. Найважливішим при цьому стає відбір істотних ознак і зв'язків документів порталу та їх смислова змістовність.

Для представлення репрезентативної інформації за такими запитамі недостатньо технології ключових слів та індексування блоків інформації в тому вигляді, що використовуються на веб-порталі, а необхідна онтологічна підготовка документів для відповіді на запит.

Відповідно до завдань викладача, який працює в СКН, йому потрібний розгорнутий список зв'язаних один з одним на смисловому рівні документів порталу, що дав би змогу скористатися смисловим змістом (властивостями класів)



документів різних систем управління освітньою діяльністю для ухвалення необхідних управлінських дій. Основою такої схеми підготовки документів є онтологічне скріплення класів і властивостей всіх (або більшої частини) документів інформаційного порталу для передачі смислового змісту відповідей на запити різних груп користувачів.

Для цього можливе використання різних рівнів ступеня деталізації онтології порталу (RDF Schemas, SCOS, OWL Lite, OWL DL, OWL Full) [57]. Для надання інформації по запитах користувачів в рамках, зокрема декларативної мови запитів RDF Query на початковому етапі розвитку W3C-інформаційного порталу доцільно обмежитися найпростішим мовним діалектом OWL Lite, що може бути реалізований на основі класифікаційної ієрархії термінів освітньої діяльності.

Для створення фрагменту СКН, що орієнтований на семантичний веб, необхідно правильно (не надмірно) визначити таксономію (концепти) освітньої діяльності, а також властивості концептів (слотів, атрибутів, ролей) і відношення між концептами (зв'язки, залежності, функції). Для опису внутрішньої структури (слотів) концептів пропонується використовувати атрибутику документів-шаблонів, визначену нормативним забезпеченням освіти. Для скріплення внутрішніх онтологій між собою і з кореневою онтологією конструктивно скористатися можливістю картирування онтологій [129] з вказівкою еквівалентності між класами і властивостями, таких, як *equivalent Class* і *equivalent Property* і вказівкою того, що даний клас або властивість в одній онтології еквівалентні класу або властивості в іншій.

### 2.3 Нечітка модель формування індивідуальної траєкторії навчання

В СКН передбачено зворотній зв'язок для адаптивної видачі навчального матеріалу. Крім того, інтелектуальність роботи системи забезпечується нечітким підходом з використанням онтологій і семантичних характеристик навчального матеріалу.

Шкала оцінювання навчальних досягнень студента може бути 100-бальною, 12-бальною, п'ятибальною, чотирибальною: «незадовільно», «задовільно», «добре» і «відмінно», двохбальною «зараховано» або «не зараховано». Дві останніх є нечіткими системами і за даними [82] краще сприймається студентами.

Введення нечітких характеристик щодо оцінки навчального матеріалу може допомогти в підготовці завдань і розробці тестів. Наприклад, викладач може достатньо швидко визначити, є завдання складним чи ні. Але сказати точно, наскільки воно є складним за 100-бальною шкалою або оцінити різницю складності двох завдань, буде достатньо важко [82, 96, 141].

З точки зору студента, нечітка оцінка знань у вигляді «відмінно», «дуже добре», «добре», «задовільно» і «незадовільно» є зрозумілішою, ніж кількість балів, яка набрана в результаті тестування [98, 108, 135].

При адаптивному навчанні складність завдання, яке є складовою індивідуальної траєкторії навчання, може бути визначена у вигляді певної кількості балів або відсотків, або ж з використанням нечіткої логіки, за рішенням експерта [46, 142]. Складність завдання також можна розглядати як нечітку величину [12, 65]. Нечіткі моделі є достатньо прозорими та зрозумілими і, тому, не поступаються іншим методам, особливо там, де змістовна інтерпретація важливіша за точність моделювання [23, 33, 47, 70, 134].

В нечітких множинах для побудови математичних моделей формалізують лінгвістичну інформацію за допомогою поняття лінгвістичної змінної, значеннями якої є слова або вирази. Лінгвістичні значення називаються термами, а набір усіх можливих термів формує терм-множину [141, 148, 149].

Функцією належності в нашому випадку буде функція  $\mu^A(u) : U \rightarrow [0;1]$ , що дає змогу для кожного елемента  $u$  універсальної множини  $U$  розрахувати ступінь його належності до нечіткої множини  $\tilde{A}$ . Універсальна множина  $U$  містить повну множину значень, що охоплює всю проблемну область [89, 90]. В якості функції належності для термів вхідних змінних використано трапецієвидну функцію (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Функція належності для термів вхідних змінних

Для проведення розрахунків використано формулу, що відповідає трапецієподібній функції належності. У результаті одержано систему рівнянь для розрахунку значень функції належності кожного з термів вхідних змінних [11, 42, 43]:

$$\mu_{ns}(a) = \begin{cases} 1; a \leq 40 \\ \frac{55-a}{40}, 40 \leq a \leq 55 \\ 0; a \geq 55 \end{cases}, \mu_s(a) = \begin{cases} 0; a \leq 45 \text{ або } a \geq 95 \\ \frac{a-45}{60}, 45 \leq a \leq 60 \\ 1; 60 \leq a \leq 70 \\ \frac{75-a}{5}; 70 \leq a \leq 75 \\ \frac{95-a}{80}; 75 \leq a \leq 95 \end{cases}, \mu_{vs}(a) = \begin{cases} 0; a \leq 60 \text{ або } a \geq 85 \\ \frac{a-60}{45}, 60 \leq a \leq 75 \\ 1; 75 \leq a \leq 80 \\ \frac{85-a}{70}; 80 \leq a \leq 85 \end{cases},$$

$$\mu_v(a) = \begin{cases} 0; a \leq 80 \\ \frac{a-80}{80}, 80 \leq a \leq 90 \\ 1; 90 \leq a \leq 100 \end{cases} \quad (2.6)$$

де  $\mu_{ns}(a)$  – функція належності для складності нижчої від середньої;

$\mu_s(a)$  – функція належності для середньої складності;

$\mu_{vs}(a)$  – функція належності для складності вищої від середньої;

$\mu_v(a)$  – функція належності для високої складності.

База нечітких знань системи нечіткого формування індивідуальної траєкторії навчання містить два входи: «Рівень знань студента» та «Складність навчального фрагмента» і один вихід – «Час вивчення навчального фрагмента». В загальному нечітка система підбору завдань для індивідуальної траєкторії навчання має вигляд, поданий на рисунку 2.12 [50].



Рисунок 2.12 – Загальна схема нечіткої системи побудови індивідуальної траєкторії навчання

Лінгвістична змінна «Рівень знань студента» містить терми {Низький; Нижчий від середнього; Середній; Вищий від середнього; Високий}.

Лінгвістична змінна «Складність навчального фрагмента» містить терми {Нижча від середньої; Середня; Вища від середньої; Висока}.

Лінгвістична змінна «Час вивчення навчального фрагмента» містить терми {Малий; Середній; Тривалий}.

#### 2.4 Нечітка модель комп'ютерного адаптивного тестування

При комп'ютерному адаптивному тестуванні нечіткими лінгвістичними змінними описуються рівень знань студента і час відповіді на блок тестових питань. Термами лінгвістичної змінної «Рівень знань студента» можуть бути: {Низький, Нижчий середнього, Середній, Вищий середнього, Високий}. Термами лінгвістичної змінної «Час відповіді на блок питань» можуть бути {Малий, Середній, Тривалий, Дуже тривалий}. Викладач задає норматив часу відповіді на

кожен блок питань, залежно від його складності.

Тестування розпочинається з блоку питань середнього рівня складності. Після відповіді система визначає рівень складності наступного блоку питань, враховуючи переважну кількість правильних відповідей, рівень складності поточного блоку питань та час, витрачений на відповіді на питання, за наступною формулою [117]:

$$C_{num_{i+1}} = F(C_{num_i}, C_{прав_i}, C_{num}, C_{зн_j}) \quad (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m), \quad (2.7)$$

де  $C_{num_i}$  – складність поточного  $i$  блоку питань;

$k_{прав_i}$  – кількість правильних відповідей на  $i$  блок питань;

$t_{num_i}$  – час відповіді на  $i$  блок питань;

$R_{зн_j}$  – рівень знань  $j$  студента;

$C_{num_{i+1}}$  – складність наступного  $i+1$  блоку питань.

Складність наступних запитань залежить від більшості правильних або неправильних відповідей на блок питань, а також часу, використаного для відповідей на блок запитань однієї складності.

Контроль часу при відповідях на запитання вводиться для уникнення списування. Коли ж студент тривалий час не обирає вірну відповідь, – то у нього, ймовірно, недостатній рівень знань або питання занадто складне. Коли ж студент відповів правильно, але затратив багато часу на відповідь, то, можливо, він списував.

Рівень знань студента може визначатися наступним чином, залежно від правильності та затраченого часу:

$$R_{зн_j} = \begin{cases} 1 - \frac{(t_{num_i} - t_{num_{max_i}})}{100}, & \text{якщо відповідь правильна} \\ 0, & \text{якщо відповідь неправильна} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned}
&\text{Якщо } R_{зн_j} > 2, \text{ то } R_{зн_j} = 1, \text{ час відповіді малий} \\
&\text{Якщо } R_{зн_j} \geq 1, \text{ то } R_{зн_j} = 1 \\
&\text{Якщо } R_{зн_j} < 1, \text{ то } R_{зн_j} = 0 \\
&\text{Якщо } R_{зн_j} < 0, \text{ то } R_{зн_j} = 0, \text{ час відповіді тривалий}
\end{aligned}
\tag{2.9}$$

де  $t_{num_i}$  – час відповіді у секундах на поточний  $i$  блок питань;

$t_{nummax_i}$  – максимальний час відповіді у секундах на  $i$  поточний блок питань;

$R_{зн_j}$  – оцінка за відповідь  $j$  студента на поточний  $i$  блок питань.

Із вищезазначеного можна зробити висновок, що для визначення рівня складності наступного блоку питань потрібно брати до уваги одночасно три показники (переважну кількість правильних відповідей, складність поточного блоку питань та час відповіді на поточний блок питань).

Для того, щоб тестування не затягувалося, вводиться наступне правило: коли складність – низька і її рекомендується знизити, то складність не знижується, а наступний блок дається тієї ж складності. Після двох спроб зниження низької складності студентові виставляється незадовільна оцінка і він спрямовується на повторне вивчення теми. Аналогічно, при двох спробах підвищення високої складності, тестування припиняється і студентові виставляється максимальна оцінка.

Студент з високим рівнем знань може не тратити багато часу на тестування – достатньо шести питань. Наприклад, він отримує блок із трьох питань на 80 балів і відповідає на усі правильно, потім – три питання складністю 100 балів. Якщо відповідає на більшість або на всі правильно – тестування завершено, бо складність вже немає куди підвищувати. Студент із низьким рівнем знань теж може не тратити багато часу на тестування. Наприклад, він отримує блок із трьох питань на 60 балів і відповідає на усі неправильно, то тестування завершується, бо складність вже недоцільно знижувати. Тобто, метою є не тратити багато часу на тестування, бо студенти стомлюються, оцінка за тест в системі самонавчання є

приблизною, і використовується лише для прийняття рішення про новий цикл навчання.

Нечітка система комп'ютерного адаптивного тестування має вхідними значеннями кількість правильних відповідей на блок питань, складність попереднього блоку питань і час затрачений на відповідь (рисунок 2.13) [11].



Рисунок 2.13 – Загальна схема нечіткої системи комп'ютерного адаптивного тестування

База нечітких знань системи нечіткого тестування має три входи: «Кількість правильних відповідей на блок питань», «Складність поточного блоку питань» і «Час затрачений на відповідь на блок питань», і один вихід – «Складність наступного блоку питань».

Лінгвістична змінна «Кількість правильних відповідей на блок питань» містить терми {Немає; Менше половини; Більше половини; Всі}. Лінгвістична змінна «Складність поточного блоку питань» містить терми {Низька; Нижча середньої; Середня; Вища середньої; Висока}. Лінгвістична змінна «Час затрачений на відповідь на блок питань» містить терми {Малий; Середній; Тривалий}. Лінгвістична змінна «Складність наступного блоку питань» містить терми {Низька; Нижча середньої; Середня; Вища середньої; Висока}.

## Висновки за розділом 2

1. Розроблено метод формування індивідуальної траєкторії навчання з мінімізацією трудомісткості та скороченням тривалості навчання, що дало змогу прогнозувати час проходження студентом індивідуальної траєкторії навчання в межах циклу.

2. Зроблено та перевірено допущення, що сучасне дистанційне навчання повинне адаптуватися до індивідуальних особливостей студента при організації контролю знань і побудові індивідуальної траєкторії навчання для формування відповідного навчального матеріалу. Для підготовки тестових запитань рекомендується спочатку використати апарат класичної теорії тестів, а після цього застосовувати математичний апарат Item Response Theory.

3. Вдосконалено онтологію навчального фрагмента і запропоновано доповнювати початкові фрагменти метаданими типу, складності та нормативного часу вивчення фрагменту і оформляти з використанням стандарту SCORM для досягнення незалежності контенту від програм управління з подальшим використанням в СКН. Рекомендовано використання технологій семантичного вебу для семантичного Web-серверного зберігання і видачі навчальної інформації користувачеві на базі онтології. Для виводу навчального матеріалу для студента доцільно використовувати мову форматування XSL-FO, що дасть можливість наочно перетворювати навчальний матеріал з формату \*.xml у формат \*.pdf.

4. Розроблено нечітку модель побудови індивідуальної траєкторії навчання. Розроблено набір нечітких правил визначення часу вивчення навчальних фрагментів і сформовано базу нечітких знань.

5. Розроблено нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування. Розроблено набір нечітких правил комп'ютерного адаптивного тестування і сформовано базу нечітких знань.

Основні результати розділу опубліковані в працях [11, 31, 32, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 133].



## РОЗДІЛ 3

### ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ БАЗ ЗНАНЬ ДЛЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ

#### 3.1 Метод формування індивідуальної траєкторії навчання з приховуванням навчального матеріалу

В попередньому розділі описано використання нечітких моделей з використанням семантичних характеристик навчального матеріалу для побудови індивідуальної траєкторії навчання з використанням навчального матеріалу приготованого у форматі SCORM, що дало змогу додати можливість адаптації до СКН. Автором додано до цих моделей оцінювання складності навчальних фрагментів для зменшення часу навчання. В даному контексті зменшення часу навчання може бути сформульоване іншим чином, як можливість отримання за менший період часу достатнього обсягу знань. У такому випадку досягається більша результативність навчання. Використання математичних моделей зменшення часу навчання та кількості навчальних фрагментів відповідного рівня складності, і побудова індивідуальної траєкторії навчання в СКН, забезпечили можливість адаптації навчального процесу.

Для реалізації взаємодії СДН MOODLE і стандарту SCORM у файлі маніфесту SCORM наводиться перелік усіх SCOs, тобто усіх навчальних фрагментів, що формують певну тему, а потім дається детальний опис усіх складових частин вказаних навчальних фрагментів. Після цього описуються онтологічні зв'язки між метаданими навчальних фрагментів.

Ще однією важливою особливістю для забезпечення можливості адаптивного навчання є наявність ознаки видимості навчального фрагменту. Цим забезпечується можливість приховування складних навчальних фрагментів від студентів, які отримали низькі оцінки з тестів і чим вищий рівень знань студента, тим більше навчальних фрагментів йому доступно для вивчення.

Для реалізації модифікованого алгоритму адаптивного навчання (див. рисунок 2.6) використано файл маніфесту SCORM, що містить перелік усіх

навчальних фрагментів курсу. При цьому, частина навчальних фрагментів є невидимою, тобто прихованою від студента, відповідно до його рівня знань (рисунок 3.1).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!-- generated by exe - http://exelearning.org -->
<manifest identifier="eXeManagement4823c6301f6e522e401" xmlns="http://www.imsproject.org/xsd/imscp_rootv1p1p2"
xmlns:adlcp="http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_rootv1p2" xmlns:imsmd="http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.imsproject.org/xsd/imscp_rootv1p1p2
adlcp_rootv1p1p2.xsd http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_rootv1p2p1_imsmd_rootv1p2p1.xsd http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_rootv1p2
adlcp_rootv1p2.xsd">
<metadata>
<schema><ADL SCORM</schema>
<schemaversion>1.2</schemaversion>
<adlcp:location>imsirm.xml</adlcp:location>
</metadata>
<organizations default="eXeManagement4823c6301f6e522e402">
<organization identifier="eXeManagement4823c6301f6e522e403" isvisible="true" identifierref="RES-eXeManagement4823c6301f6e522e404">
<title>Лекція №1</title>
</organization>
</organizations>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e405" isvisible="true" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e406">
<title>Зміст</title>
</item>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e407" isvisible="true" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e408">
<title>Питання 1.1</title>
</item>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e409" isvisible="true" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e40a">
<title>Питання 1.2</title>
</item>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e40b" isvisible="false" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e40c">
<title>Питання 1.3</title>
</item>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e40d" isvisible="false" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e40e">
<title>Питання 1.4</title>
</item>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e4010" isvisible="false" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e4011">
<title>Питання 1.5</title>
</item>
<item identifier="ITEM-eXeManagement4823c6301f6e522e4011" isvisible="false" identifierref="RES-
eXeManagement4823c6301f6e522e4012">

```

Рисунок 3.1 – Фрагмент файлу маніфесту SCORM

З рисунка 3.1. можна побачити, що у видимих навчальних фрагментів ознака видимості `isvisible=«true»`, а у прихованих – `isvisible=«false»`, і вони на моніторі не відображаються. Таким чином, студент отримує навчальний матеріал відповідно до свого рівня знань. Увесь обсяг навчальних фрагментів доступний для студентів із найвищим рівнем знань.

Із відображення пакету SCORM в СДН MOODLE (рисунок 3.2) можна побачити, що деякі навчальні фрагменти є у змісті, але в меню для студентів вони невидимі.

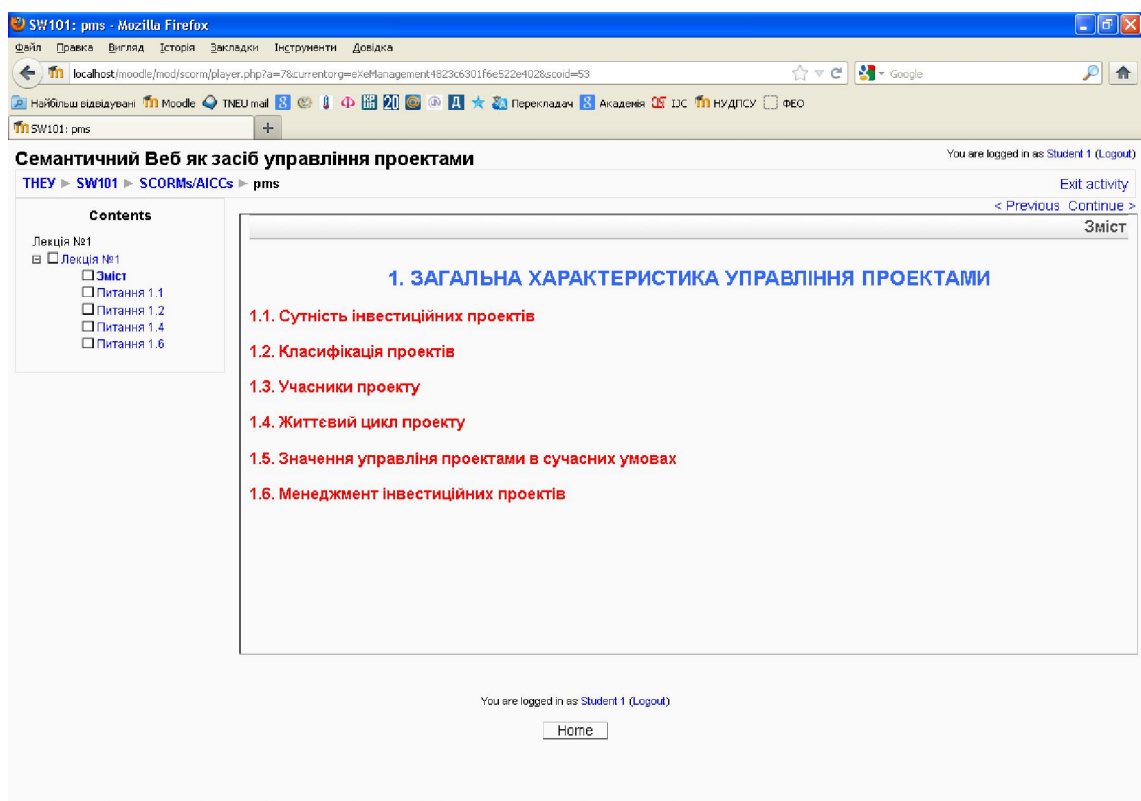


Рисунок 3.2 – Відображення пакету SCORM в СДН MOODLE із прихованими навчальними фрагментами [118]

Для перегляду необхідних навчальних фрагментів потрібно вибирати їх в лівій частині екрану в області «Contents», або зверху справа вибирати пункти «попередній» чи «наступний». Таким чином, проходить вивчення студентом навчального матеріалу. В кожному фрагменті можна розміщувати посилання на

зовнішні джерела (наприклад, довідники або навчальне відео), а також навчальні тести з підказками, а після вивчення теми провести проміжне тестування.

Після проведення проміжного тестування адаптивна система визначає прогалини в знаннях студента. У випадку отримання результату меншого, ніж заплановано, видається додатковий навчальний матеріал для роз'яснення, котрий теж розміщений в даному пакеті, але на початку вивчення є прихованим.

Реалізована можливість побудови індивідуальної траєкторії навчання забезпечує зменшення часу навчання і допомагає студенту навчитися працювати самостійно. Це стосується більше студентів з низьким рівнем знань. Вони можуть пройти кілька циклів навчання перш ніж отримають право на здачу теми викладачу. Зрозуміло, що кожен цикл навчання потребує додаткового часу, але дає кращі знання. Мотивуються вони кращими оцінками, а студенти із високим рівнем знань мотивуються скороченням часу вивчення обов'язкового матеріалу і можливістю швидше перейти до наукової роботи. Даний підхід реалізовано у вигляді плагіну для СДН MOODLE, котрий забезпечує приховування окремих навчальних фрагментів відповідно до рівня знань студента. У результаті для кожного студента формується перелік навчальних фрагментів, що виводяться на монітор для вивчення, і, котрі, фактично, є складовими індивідуальної траєкторії навчання студента.

Отже, для того, щоб побудувати індивідуальну траєкторію навчання, потрібно мати калібровані навчальні фрагменти і визначити рівень знань студента, а для пришвидшення тестування потрібно мати питання різного рівня складності. В той же час, рівень складності питань визначається за допомогою результатів попереднього тестування.

Для того, щоб адаптивне тестування не ставало нескінченним, його тривалість необхідно обмежувати (рисунок 3.3).

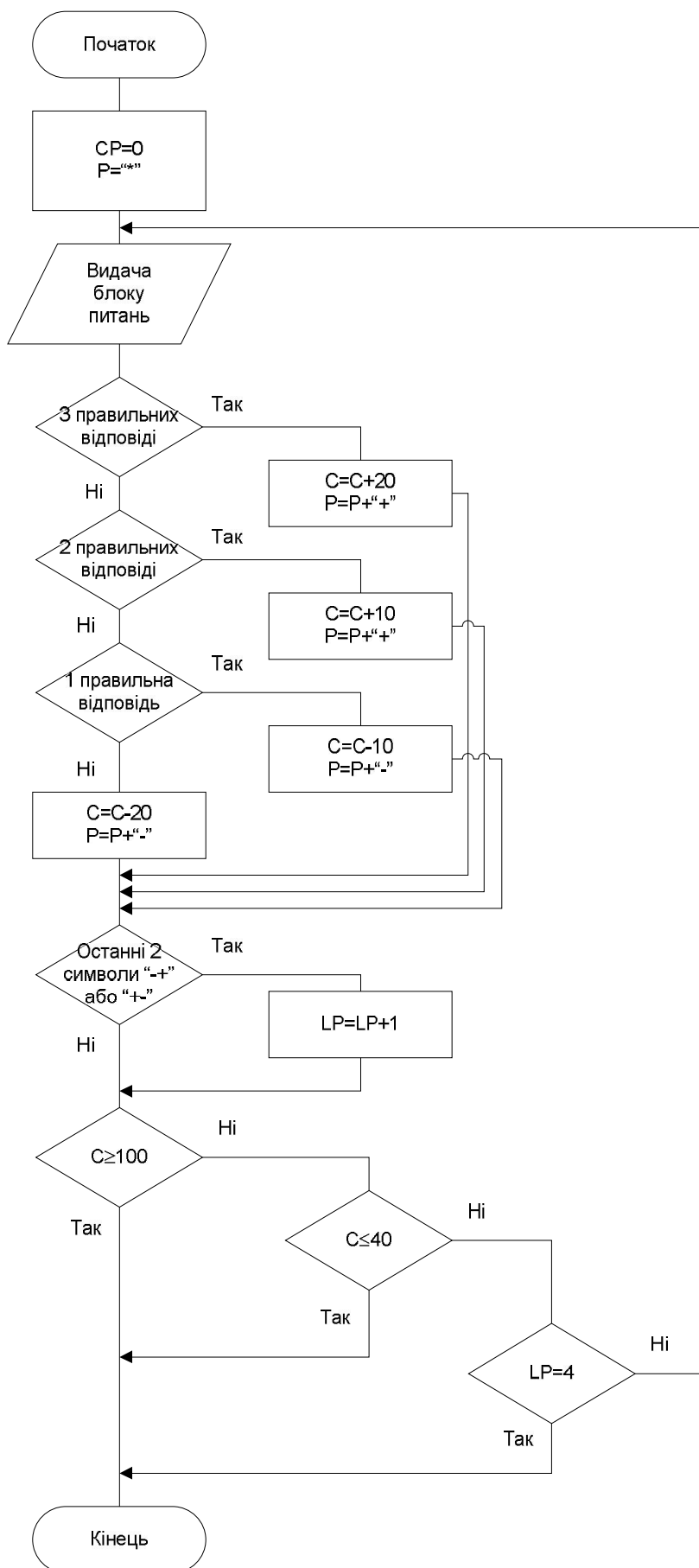


Рисунок 3.3 – Алгоритм припинення адаптивного тестування [118]

Спочатку студенту дається блок питань середньої складності, наприклад на 80 балів. Якщо студент відповідає правильно на три питання – складність наступного блоку підвищується на 20 балів, якщо на два – складність наступного блоку підвищується на 10 балів. Якщо складність наступного блоку 100 балів і він правильно відповідає на два або три питання, то тестування припиняється. При двох неправильних відповідях складність наступного блоку зменшується на 10 балів, а при трьох – складність наступного блоку зменшується на 20 балів. Якщо складність наступного блоку 40 балів і він неправильно відповідає на два або три питання, то тестування припиняється. Якщо у студента набирається три цикли «зростання-спадання» або «спадання-зростання» складності, коли відбувається зміна напрямку складності, то тестування припиняється.

### 3.2 Визначення загальної тривалості індивідуальної траєкторії навчання

Розроблений метод формування індивідуальної траєкторії навчання (див. підрозділ 2.1) досліджено на прикладі зменшення часу вивчення навчального матеріалу, зокрема, побудови індивідуальної траєкторії навчання у Науково-дослідному центрі з проблем оподаткування Національного університету державної податкової служби України. При цьому отримано дані із зменшення часу вивчення навчальних фрагментів індивідуальної траєкторії навчання для студентів з різним рівнем знань, які вивчали навчальні фрагменти різного рівня складності, а також проходили при цьому попереднє та завершальне тестування.

При вивченні дисципліни «Управління проектами інформатизації», зокрема, теми «Управління процесом виконання проектів» в системі дистанційного навчання студенти вивчали навчальні фрагменти різного рівня складності. Всього індивідуальна навчальна траєкторія містила 25 навчальних фрагментів. Кількість студентів у групі 23 і рівень їх знань теж відрізнявся. Розглянемо модель зменшення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання для студентів з мінімально-допустимим, середнім та високим рівнем знань, а саме для студентів із рівнем знань 60, 80 і 100 балів.

Як показано у розділі 2.1, час вивчення навчальних фрагментів залежить від їх рівня складності та рівня знань студентів. Зокрема, чим складніший чи простіший навчальний фрагмент, тим більше чи менше треба часу для їх вивчення відповідно. Також, при вищому чи нижчому рівні знань студентів потрібно, відповідно, менше чи більше часу для вивчення певного навчального фрагмента.

В таблиці 3.1 наведено результати підрахунку часу вивчення навчального фрагмента залежно від складності навчального матеріалу і з нормативним часом вивчення при змінному рівні знань студента. Викладач, при підготовці навчального матеріалу визначає тип і складність кожного навчального фрагменту, а також нормативний час його вивчення. Наприклад, при нормативі часу 10 хв. на вивчення навчального фрагмента складністю 60 балів, студент із рівнем знань в 60 балів буде вивчати цей навчальний фрагмент 10 хв., а студент із рівнем знань 100 балів – 6 хв. У випадку вивчення навчального матеріалу складністю 100 балів при нормативному часі 10 хв. студент із рівнем знань 100 балів буде вивчати його 10 хв., а студент із рівнем знань 60 балів – 16 хв. Залежність часу вивчення навчального фрагмента від його складності (рисунок 3.4) [44].

Таблиця 3.1 – Залежність часу вивчення навчального фрагменту заданої складності з нормативним часом вивчення 10 хв. від рівня знань студента

Складність навчального фрагмента	Рівень знань студентів				
	60	70	80	90	100
	Час вивчення навчального фрагмента, хв.				
60	10	8,6	7,5	6,7	6
70	11,7	10	8,8	7,8	7
80	13,3	11,4	10	8,9	8
90	15	12,9	11,3	10	9
100	16,7	14,3	12,5	11,1	10

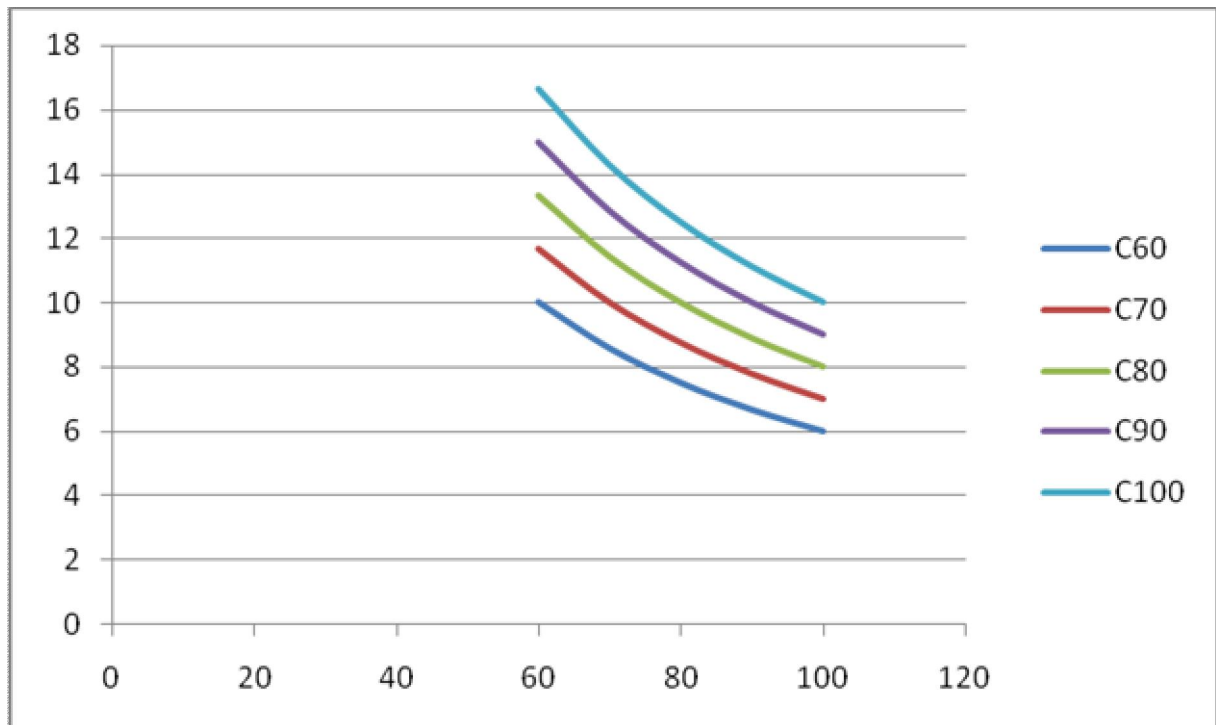


Рисунок 3.4 – Залежність часу вивчення навчального фрагмента від його складності [44]

В таблиці 3.2 наведено результати підрахунку часу вивчення навчального фрагмента залежно від рівня знань студента і з нормативним часом вивчення при змінній складності навчального матеріалу. Наприклад, студент із рівнем знань 60 балів 10 хв. буде вивчати навчальний фрагмент зі складністю 60 балів і нормативом часу 10 хв., при цьому він 16,7 хв. вивчатиме фрагмент складністю 100 балів і з нормативом часу 10 хв.

В той же час, студент із рівнем знань 100 балів 10 хв. буде вивчати навчальний фрагмент зі складністю 100 балів і нормативом часу 10 хв., при цьому він 6 хв. вивчатиме фрагмент складністю 60 балів і нормативом часу 10 хв.

Студент із рівнем знань 80 балів 7,5 хв. буде вивчати матеріал складністю 60 балів, 10 хв. буде вивчати матеріал складністю 80 балів при нормативі 10 хв. і 12,5 хв. буде вивчати матеріал складністю 100 балів. Залежність часу вивчення навчального фрагмента від рівня знань студента (рисунок 3.5) [44].



Таблиця 3.2 – Залежність часу вивчення навчального фрагменту студентами із заданим рівнем знань з нормативним часом вивчення 10 хв. від рівня складності навчального фрагмента

Рівень знань студента	Складність навчальних фрагментів				
	60	70	80	90	100
	Час вивчення навчального фрагмента, хв.				
60	10	11,7	13,3	15	16,7
70	8,6	10	11,4	12,9	14,3
80	7,5	8,8	10	11,3	12,5
90	6,7	7,8	8,9	10	11,1
100	6	7	8	9	10

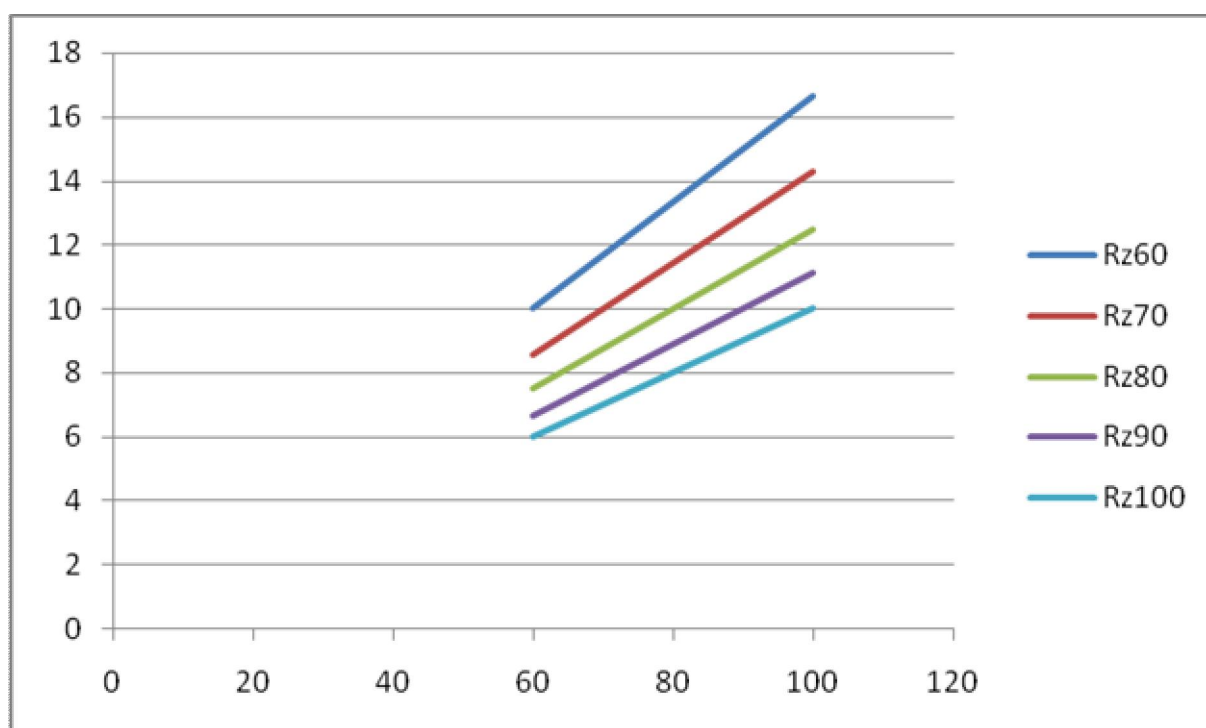


Рисунок 3.5 – Залежність часу вивчення навчального фрагмента від рівня знань студента [44]

В таблиці 3.3 наведено тривалість вивчення навчального матеріалу студентами із рівним рівнем знань: 60, 70, 80, 90 і 100 балів, при умові, що вони вивчають всі навчальні фрагменти. Тут можна відмітити, що при рівні знань нижче середнього студенти вивчають навчальний матеріал довше від суми нормативного часу, а при вищому рівні знань – швидше [44].

Таблиця 3.3 – Загальний час вивчення навчального матеріалу студентами різного рівня знань

Навчальний фрагмент	Складність	Нормативний час	Рівень знань студента				
			60	70	80	90	100
1	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
2	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
3	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
4	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
5	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
6	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
7	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
8	70	3	3,5	3,0	2,6	2,3	2,1
9	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
10	80	3	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
11	80	3	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
12	80	4	5,3	4,6	4,0	3,6	3,2
13	90	4	6,0	5,1	4,5	4,0	3,6
14	90	4	6,0	5,1	4,5	4,0	3,6
15	100	3	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
16	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
17	60	3	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8
18	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
19	60	3	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8
20	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
21	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
22	70	5	5,8	5,0	4,4	3,9	3,5
23	70	6	7,0	6,0	5,3	4,7	4,2
24	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
25	80	3	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
26	80	4	5,3	4,6	4,0	3,6	3,2
27	80	3	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
28	90	5	7,5	6,4	5,6	5,0	4,5
29	90	5	7,5	6,4	5,6	5,0	4,5
30	100	4	6,7	5,7	5,0	4,4	4,0
Разом		120	146,0	125,1	109,5	97,3	87,6

Відмітимо, що згідно запропонованого методу студенти проходять індивідуальну траєкторію навчання і вивчають матеріал відповідно до їх рівня знань. Наприклад, студент із рівнем знань 60 балів вивчає усі навчальні фрагменти складністю 60 балів; студент із рівнем знань 70 балів вивчає усі навчальні фрагменти складністю до 70 балів; студент із рівнем знань 80 балів

вивчає усі навчальні фрагменти складністю до 80 балів і так далі. Перший цикл такого навчання наведено в таблиці 3.4 [44].

Таблиця 3.4 – Перший цикл вивчення навчального матеріалу студентами різного рівня знань

Навчальний фрагмент	Складність	Нормативний час	Рівень знань студента				
			60	70	80	90	100
1	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
2	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
3	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
4	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
5	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
6	70	4		4,0	3,5	3,1	2,8
7	70	4		4,0	3,5	3,1	2,8
8	70	3		3,0	2,6	2,3	2,1
9	70	4		4,0	3,5	3,1	2,8
10	80	3			3,0	2,7	2,4
11	80	3			3,0	2,7	2,4
12	80	4			4,0	3,6	3,2
13	90	4				4,0	3,6
14	90	4				4,0	3,6
15	100	3					3,0
16	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
17	60	3	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8
18	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
19	60	3	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8
20	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
21	70	4		4,0	3,5	3,1	2,8
22	70	5		5,0	4,4	3,9	3,5
23	70	6		6,0	5,3	4,7	4,2
24	70	4		4,0	3,5	3,1	2,8
25	80	3			3,0	2,7	2,4
26	80	4			4,0	3,6	3,2
27	80	3			3,0	2,7	2,4
28	90	5				5,0	4,5
29	90	5				5,0	4,5
30	100	4					4,0
		120	41,0	69,1	80,5	89,6	87,6

Коли студенти успішно здають тести на бажану оцінку, вони можуть пройти новий цикл навчання, щоб отримати вищу оцінку. Для цього їм

доводиться вивчити більшу кількість навчальних фрагментів. Наприклад, студент із початковим рівнем знань 60 балів хоче отримати 70 балів і проходить новий цикл навчання з вивченням усіх навчальних фрагментів складністю до 70 балів; студент із початковим рівнем знань 70 балів проходить новий цикл навчання і вивчає усі навчальні фрагменти складністю до 80 балів і так далі. Другий цикл такого навчання наведено в таблиці 3.5 [44].

Таблиця 3.5 – Другий цикл вивчення навчального матеріалу студентами різного рівня знань

Навчальний фрагмент	Складність	Нормативний час	Рівень знань студента				
			60	70	80	90	100
1	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
2	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
3	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
4	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
5	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
6	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
7	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
8	70	3	3,5	3,0	2,6	2,3	2,1
9	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
10	80	3		3,4	3,0	2,7	2,4
11	80	3		3,4	3,0	2,7	2,4
12	80	4		4,6	4,0	3,6	3,2
13	90	4			4,5	4,0	3,6
14	90	4			4,5	4,0	3,6
15	100	3				3,3	3,0
16	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
17	60	3	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8
18	60	5	5,0	4,3	3,8	3,3	3,0
19	60	3	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8
20	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
21	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
22	70	5	5,8	5,0	4,4	3,9	3,5
23	70	6	7,0	6,0	5,3	4,7	4,2
24	70	4	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8
25	80	3		3,4	3,0	2,7	2,4
26	80	4		4,6	4,0	3,6	3,2
27	80	3		3,4	3,0	2,7	2,4
28	90	5			5,6	5,0	4,5
29	90	5			5,6	5,0	4,5
30	100	4				4,4	4,0
		120	80,7	92,0	100,8	97,3	87,6

Варто зауважити, що коли студент не досягає мінімально-допустимого або бажаного балу, система може запропонувати йому додатковий і довідковий матеріал, для роз'яснення теми, що теж спричинить збільшення часу вивчення теми. Це є одночасно і недоліком, і перевагою. Недоліком – оскільки зростає час навчання, а перевагою – тому що підвищується рівень знань.

З наведеного вище можна побачити, що чим нижчий рівень знань студента, тим більша можливість того, що він пройде додаткові цикли навчання. Це займе більше часу, але підвищує рівень знань студента. А саме якість знань студента і є головною метою навчання. Мотивацією для студентів із нижчим рівнем знань буде те, що вони отримають кращі знання і бажану оцінку, а студенти із вищим рівнем знань мотивуються швидшим часом вивчення обов'язкового матеріалу і можливістю використати зекономлений час на наукові дослідження.

### 3.3 Реалізація нечіткої онтології навчальної дисципліни

Для моделювання бази нечітких знань використано Fuzzy Logic Toolbox – пакет прикладних програм, що входить в склад середовища MatLab. На основі даного пакету створено систему нечіткого логічного висновку і нечіткої класифікації.

При розробці нечіткої системи необхідно врахувати значення вхідних та вихідних змінних, а також правильно побудувати базу правил, за якою здійснюватиметься нечіткий висновок.

Для спрощення побудови нечіткої системи та з метою пришвидшення її роботи варто описати рівень знань студентів, що буде використовуватись (таблиця 3.6). Саме такий розподіл використовується для встановлення вхідних змінних, тобто для побудови їх функцій належності. Складність навчального фрагмента наведено в таблиці 3.7 [50].

Таблиця 3.6 – Шкала оцінювання рівня знань студента

Рівень знань студента в логітах Раша	Позначення
Високий, 4.1 – 5.0	В
Вище від середнього, 3.1 ... 4.0	ВС
Середній, 2.1 ... 3.0	С
Нижче від середнього, 1.1 ... 2.0	НС
Низький, -5.0 ... 1.0	Н

Таблиця 3.7 – Складність навчального фрагмента

Складність навчального фрагмента в логітах Раша	Позначення
Висока, 4.1 – 5.0	В
Вища від середньої, 3.1 ... 4.0	ВС
Середня, 2.1 ... 3.0	С
Нижча від середньої, 1.1 ... 2.0	НС
Низька, 0.1 ... 1.0	Н

Виходом розробленої нечіткої системи формування індивідуальної траєкторії навчання є час вивчення навчального фрагмента, який позначається відповідно до змінних, поданих у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Час вивчення навчального фрагмента

Опис	Позначення
Малий час вивчення, 0 ... 3 хв.	М
Середній час вивчення, 3 ... 6 хв.	С
Тривалий час вивчення, 7 ... 15 хв.	Т

Входи і виходи, а також функції належності нечіткої системи побудови індивідуальної траєкторії навчання наведено на рисунках 3.7-3.10 [50].

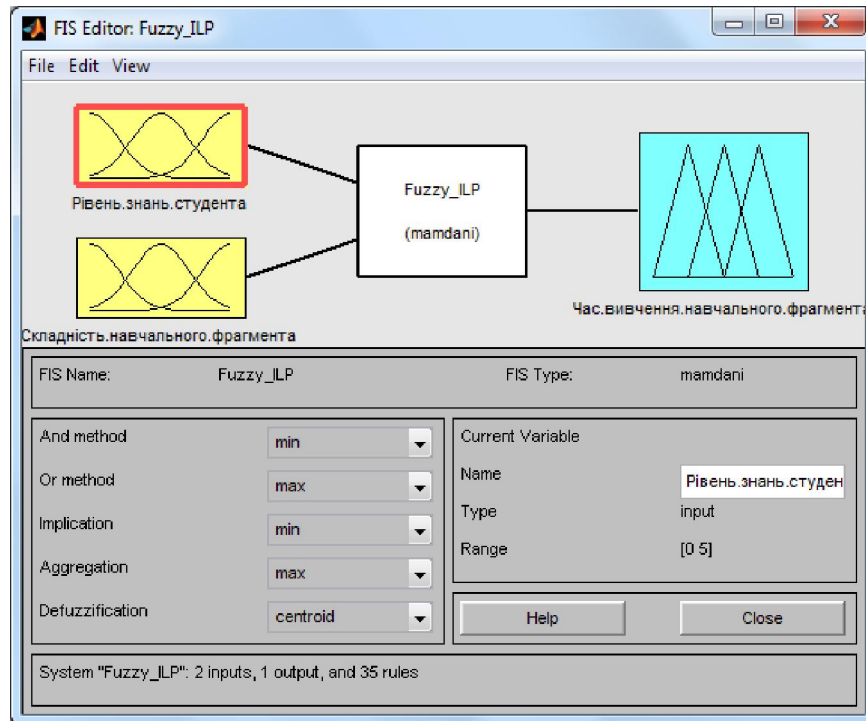


Рисунок 3.7 – Входи і виходи нечіткої системи побудови індивідуальної траєкторії навчання

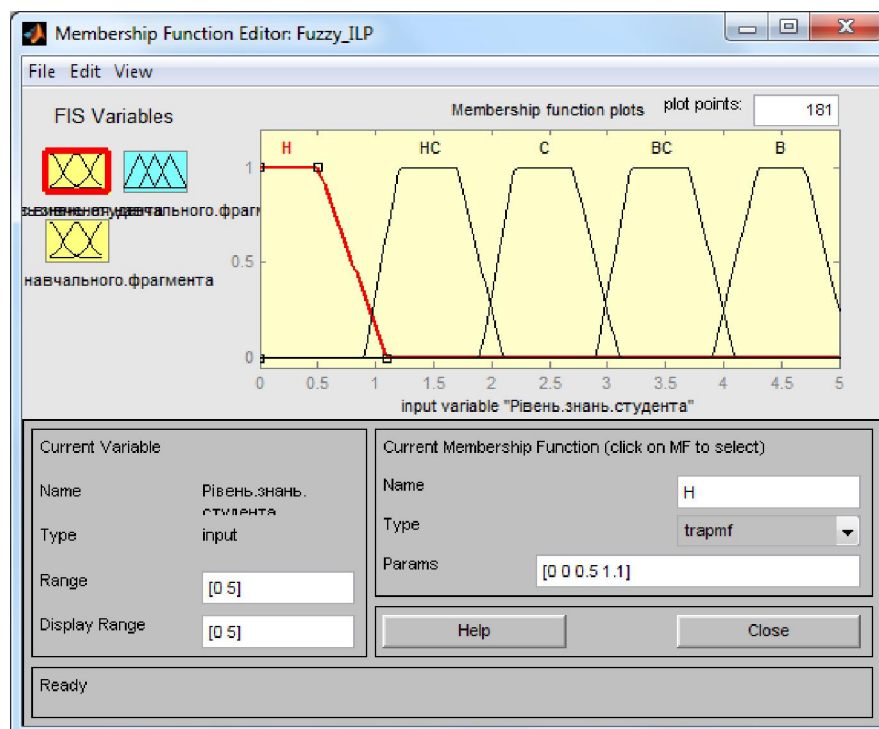


Рисунок 3.8 – Функції належності вхідної змінної «Рівень знань студента»

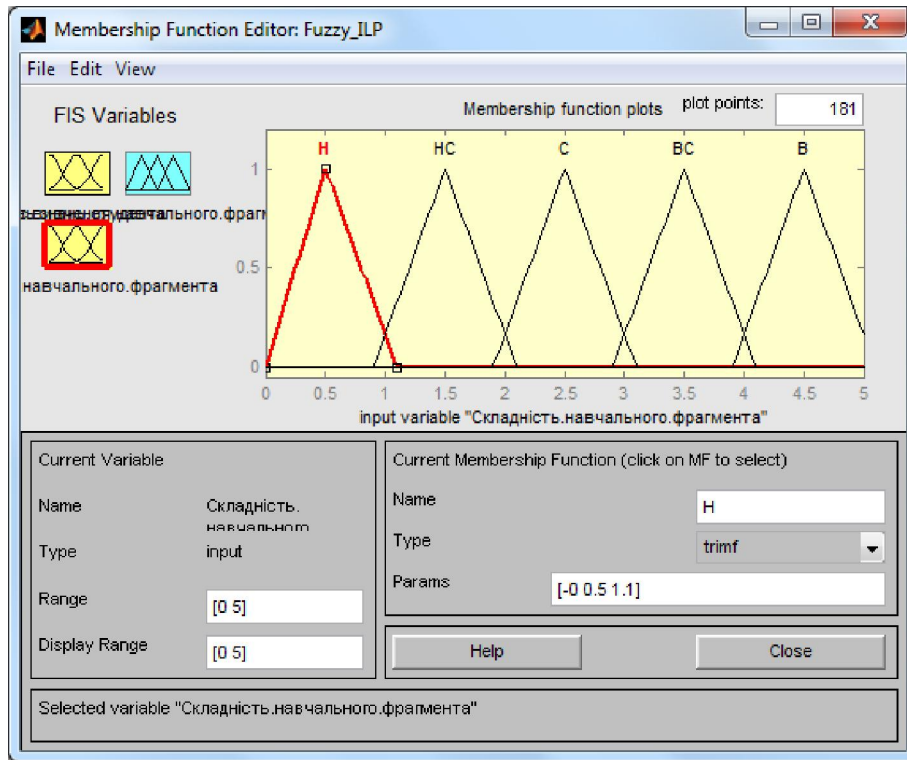


Рисунок 3.9 – Функції належності вхідної змінної «Складність навчального фрагмента»

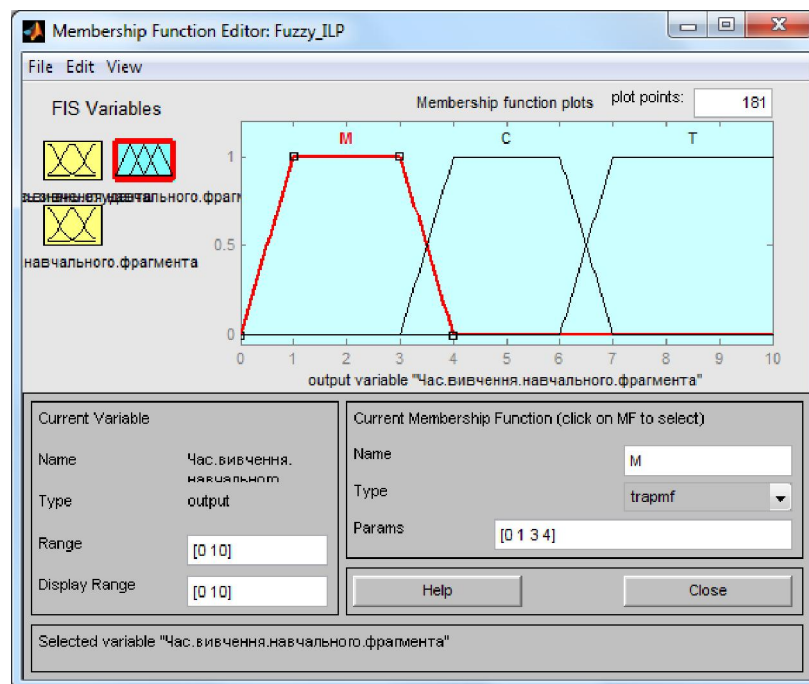


Рисунок 3.10 – Функції належності вихідної змінної «Час вивчення навчального фрагмента»



Робота запропонованої нечіткої системи побудови індивідуальної траєкторії навчання залежить від бази правил. Оскільки кожна вхідна змінна задана різною кількістю функцій належності і враховуючи неможливість ситуації, коли вхідна змінна не задана, то база правил складається з  $R = 6 \cdot 6 - 1 = 35$  правил типу «якщо – то» і будується відповідно до даних таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Відповідність вхідних та вихідної змінних

№ правила	Рівень знань студента	Складність навчального фрагмента	Час вивчення навчального фрагмента
1.	Н	Н	Н
2.	Н	НС	С
3.	Н	С	С
4.	Н	ВС	Т
5.	Н	В	Т
6.	Н	Не визначено	Н
7.	НС	Н	Н
8.	НС	НС	С
9.	НС	С	С
10.	НС	ВС	Т
11.	НС	В	Т
12.	НС	Не визначено	Н
13.	С	Н	Н
14.	С	НС	Н
15.	С	С	С
16.	С	ВС	Т
17.	С	В	Т
18.	С	Не визначено	С
19.	ВС	Н	Н
20.	ВС	НС	Н
21.	ВС	С	Н
22.	ВС	ВС	С
23.	ВС	В	С
24.	ВС	Не визначено	Н
25.	В	Н	Н
26.	В	НС	Н
27.	В	С	Н

№ правила	Рівень знань студента	Складність навчального фрагмента	Час вивчення навчального фрагмента
28.	B	BC	C
29.	B	B	C
30.	B	Не визначено	C
31.	Не визначено	H	H
32.	Не визначено	HC	H
33.	Не визначено	C	C
34.	Не визначено	BC	C
35.	Не визначено	B	T

В процесі роботи системи сформовано набір правил визначення часу вивчення навчального матеріалу (рисунок 3.11). База правил нечіткої системи подана в додатку Г та на рисунку 3.12 [45, 50].

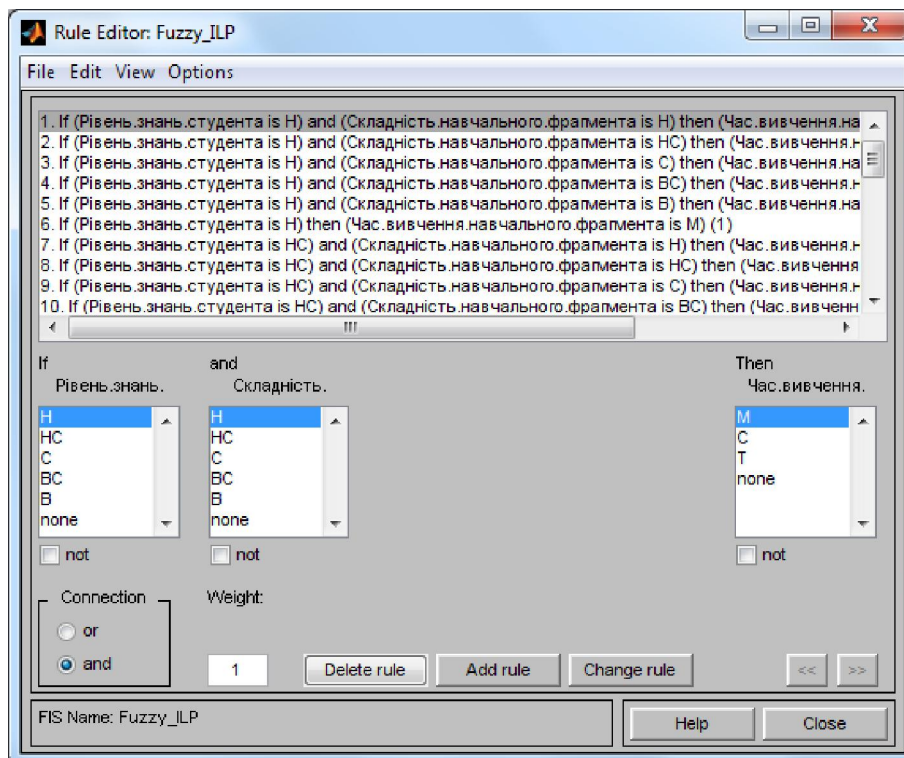


Рисунок 3.11 – Набір нечітких правил визначення часу вивчення навчального фрагмента

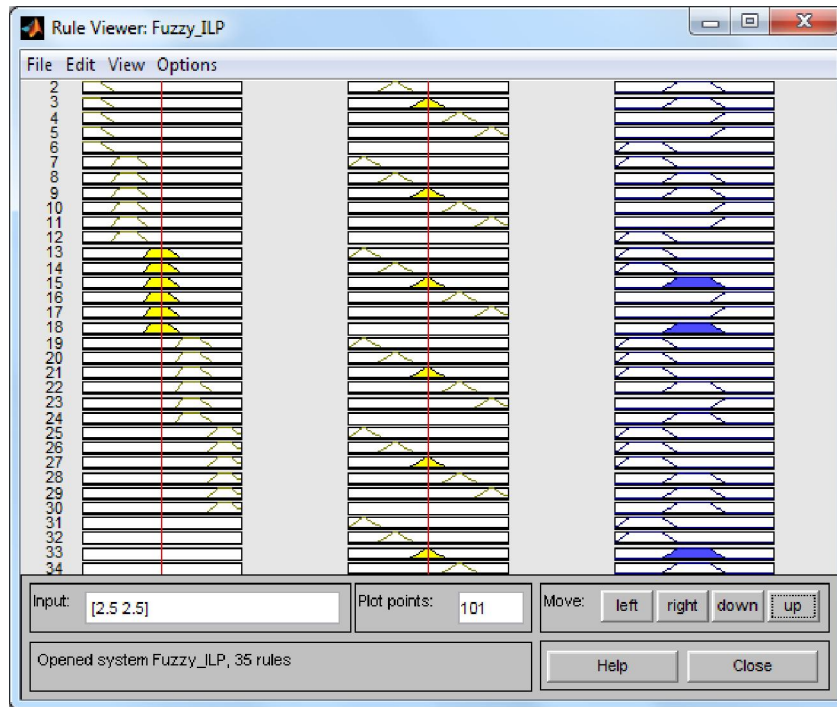


Рисунок 3.12 – База правил нечіткої системи

Поверхня (рисунок 3.13 відображає залежність часу вивчення навчального матеріалу від рівня знань студента і складності навчального матеріалу. Поверхня (рисунок 3.14) відображає залежність часу вивчення навчального матеріалу від складності навчального матеріалу і рівня знань студента [50].

У таблиці 3.10 наведено залежність вихідної змінної від вхідних.

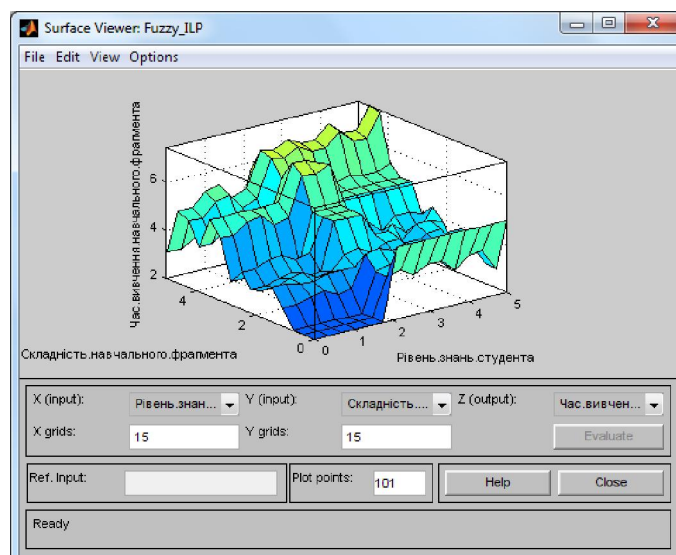


Рисунок 3.13 – Поверхня, що відображає залежність часу вивчення навчального матеріалу від рівня знань студента і складності навчального матеріалу [50]

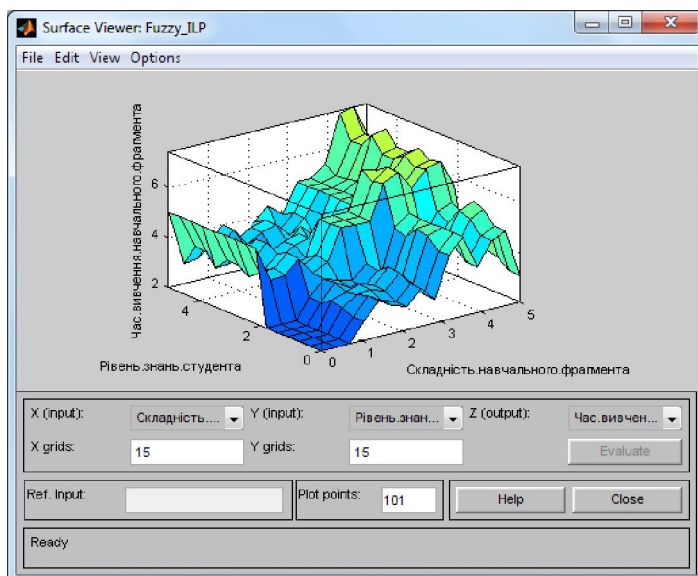


Рисунок 3.14 – Поверхня, що відображає залежність часу вивчення навчального матеріалу від складності навчального матеріалу і рівня знань студента [50]

Таблиця 3.10 – Відповідність вхідних та вихідної змінних

Рівень знань студента	Складність навчального матеріалу	Час вивчення навчального матеріалу
-4.096	4.337	8.26
-4.179	1.592	4.5
4.458	3.735	7.5
0.251	5.1	8.09
-2.189	1.99	6.25
5	1.566	1.41
2.786	1.99	3.4
2.786	3.582	8.24
3.976	5	6.39
2.388	1.94	2.49
4.08	2.687	1.38
2.786	2.388	4.5
-1.928	2.771	8.22

Як видно з рисунків 3.13-3.14 і таблиці 3.10, час вивчення навчального матеріалу залежить від рівня знань студента та складності навчального матеріалу.

Нечітку базу знань розроблену в середовищі MatLab можна використати у редакторі онтологій Protégé. Для цього використовується плагін Fuzzy OWL. Реалізацію нечіткої онтології побудови індивідуальної траєкторії навчання для дисципліни «Теорія прийняття рішень» наведено нижче [50].

На рисунку 3.15 зображено класи онтології індивідуальної траєкторії навчання. На рисунку 3.16 зображено властивості даних онтології індивідуальної траєкторії навчання. На рисунку 3.17 наведено зразок індивіда онтології індивідуальної траєкторії навчання. На рисунку 3.18 показано візуалізація онтології індивідуальної траєкторії навчання. На рисунку 3.19 зображено нечітку онтологію в складі онтології індивідуальної траєкторії навчання [45].

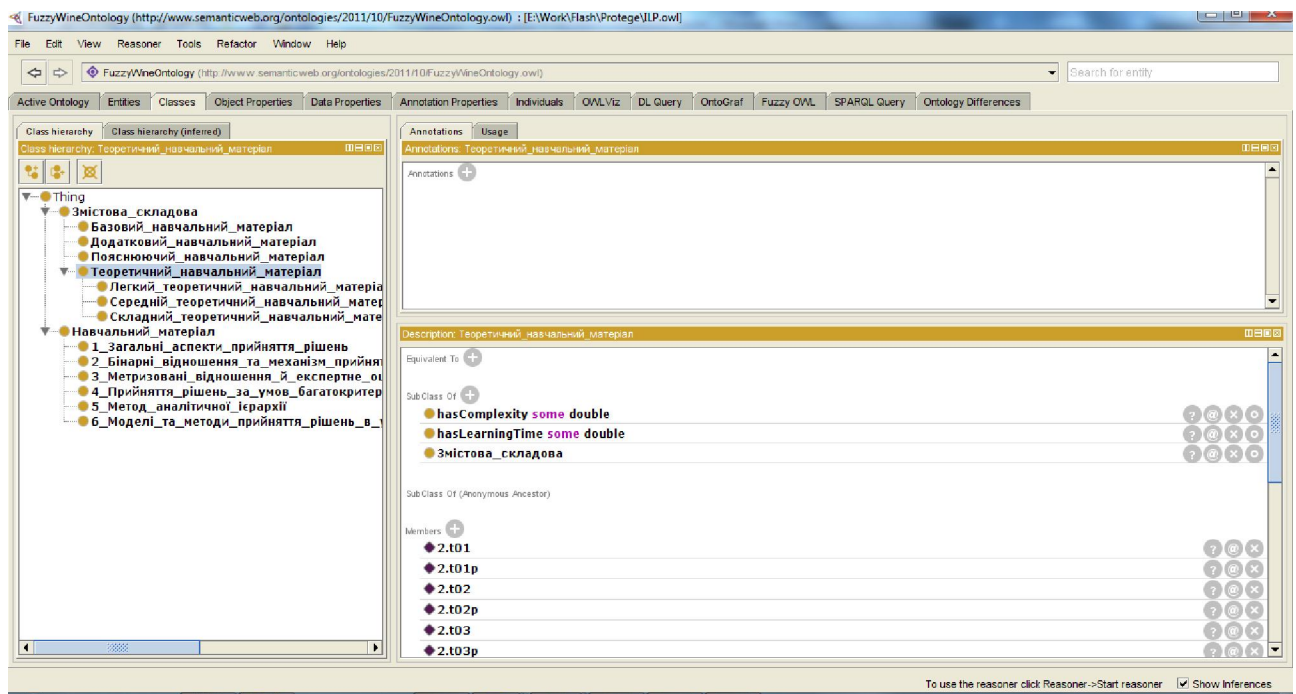


Рисунок 3.15 – Класи онтології індивідуальної траєкторії навчання

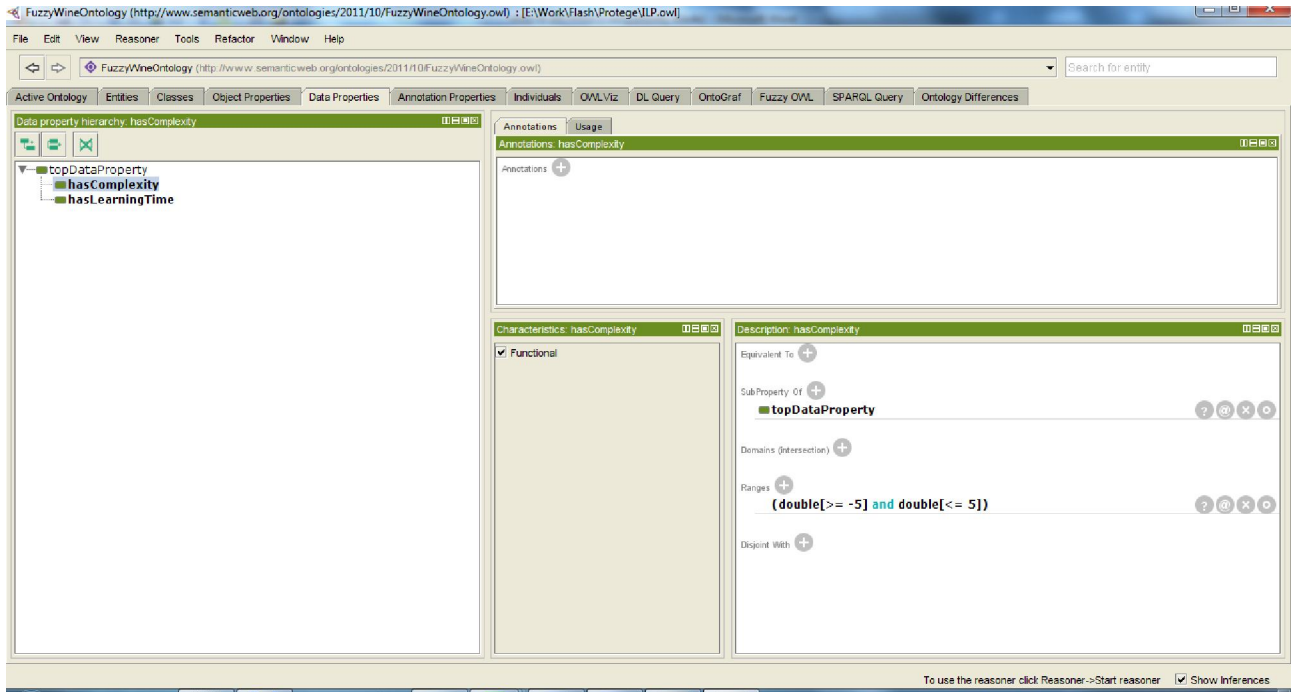


Рисунок 3.16 – Властивості даних онтології індивідуальної траєкторії навчання

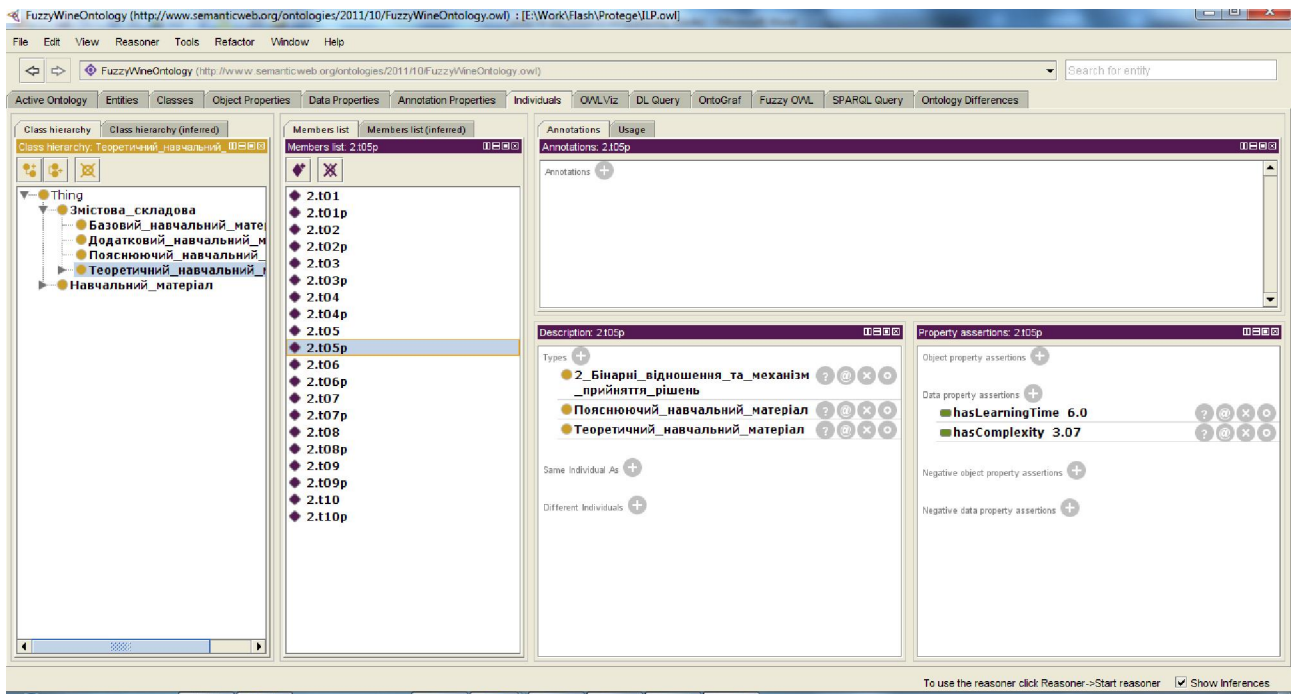


Рисунок 3.17 – Індивіди онтології індивідуальної траєкторії навчання

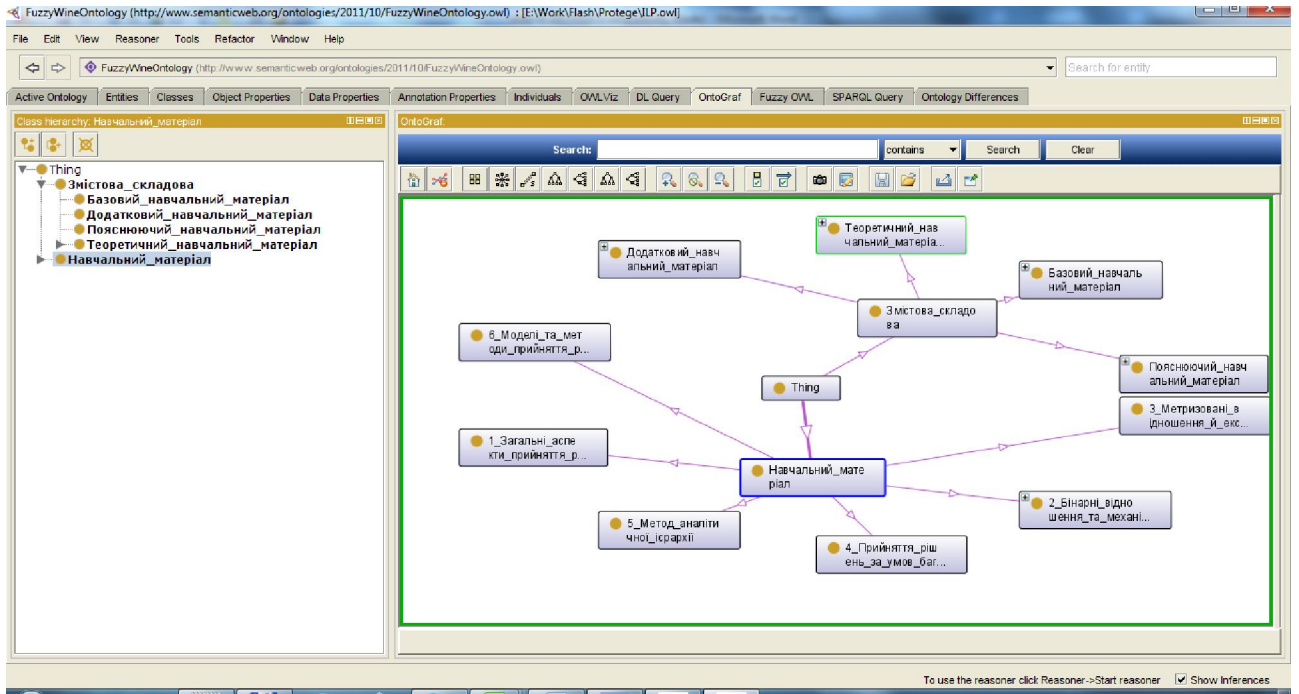


Рисунок 3.18 – Візуалізація онтології індивідуальної траєкторії навчання

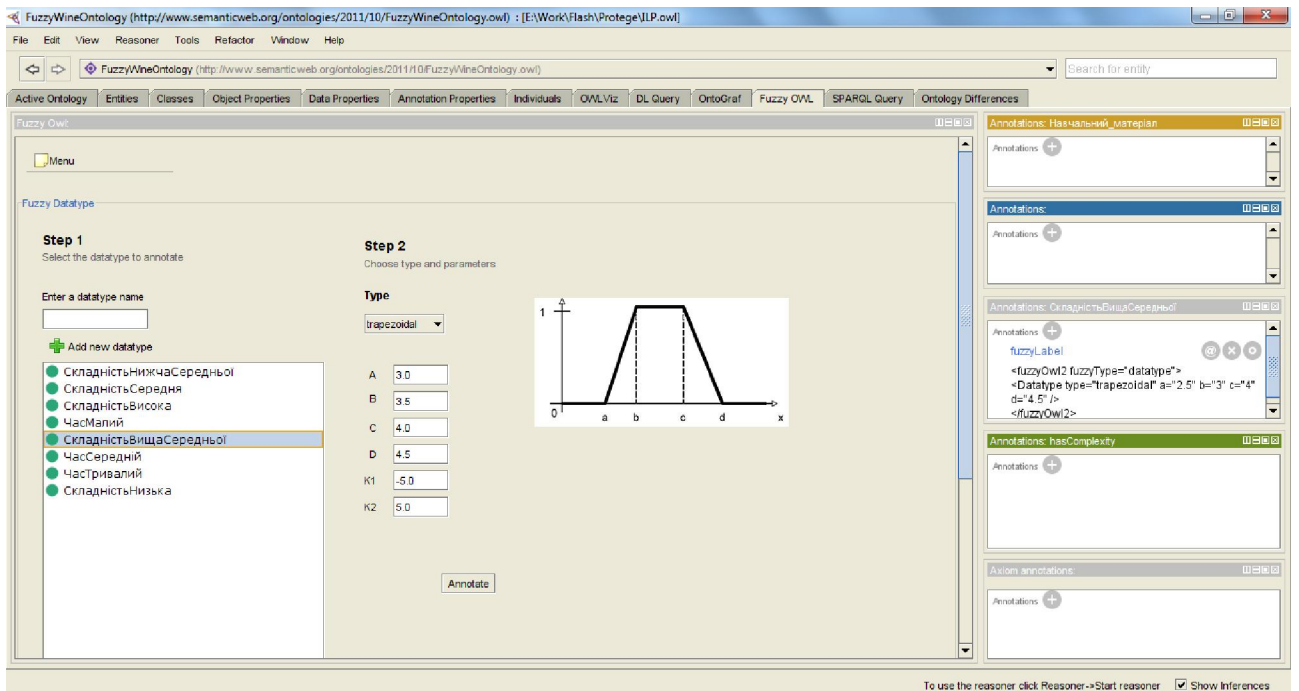


Рисунок 3.19 – Нечітка онтологія в онтології індивідуальної траєкторії навчання

### 3.4 Реалізація нечіткої системи комп'ютерного адаптивного тестування

Для моделювання бази нечітких знань системи комп'ютерного адаптивного тестування також використано Fuzzy Logic Toolbox, на основі якого створено систему нечіткого логічного висновку і нечіткої класифікації. При розробці нечіткої системи необхідно врахувати значення вхідних та вихідних змінних, а також правильно побудувати базу правил, за якою здійснюватиметься нечіткий висновок.

Розподіл значень вхідних величин подано у таблицях 3.11-3.14.

Таблиця 3.11 – Кількість правильних відповідей на блок питань

Кількість правильних відповідей	Позначення
Немає	Н
Менше половини	МП
Більше половини	БП
Всі	В

Таблиця 3.12 – Складність поточного блоку питань

Опис	Позначення
Низька	Н
Нижча від середньої	НС
Середня	С
Вища від середньої	ВС
Висока	В

Таблиця 3.13 – Час затрачений на відповідь на блок питань

Час, хв.	Позначення
Малий час, 0 ... 3 хв.	М
Середній час, 4 ... 6 хв.	С
Тривалий час, 7 ... 10 хв.	Т

Виходом розробленої нечіткої системи комп'ютерного адаптивного тестування навчання є складність наступного блоку питань, який позначається відповідно до змінних, поданих у таблиці 3.14 [11, 43].



Таблиця 3.14 – Складність наступного блоку питань

Опис	Позначення
Низька	Н
Нижча від середньої	НС
Середня	С
Вища від середньої	ВС
Висока	В

База нечітких знань системи нечіткого тестування містить три входи: «Кількість правильних відповідей на блок питань», «Складність поточного блоку питань» і «Час затрачений на відповідь на блок питань», і один вихід – «Складність наступного блоку питань» (рисунки 3.21-3.25) [11, 43].

Лінгвістична змінна «Кількість правильних відповідей на блок питань» містить терми {Немає; Менше половини; Більше половини; Всі}. Лінгвістична змінна «Складність поточного блоку питань» містить терми {Низька; Нижча середньої; Середня; Вища середньої; Висока}. Лінгвістична змінна «Час затрачений на відповідь на блок питань» містить терми {Малий; Середній; Тривалий}. Лінгвістична змінна «Складність наступного блоку питань» містить терми {Низька; Нижча середньої; Середня; Вища середньої; Висока} [11, 43].

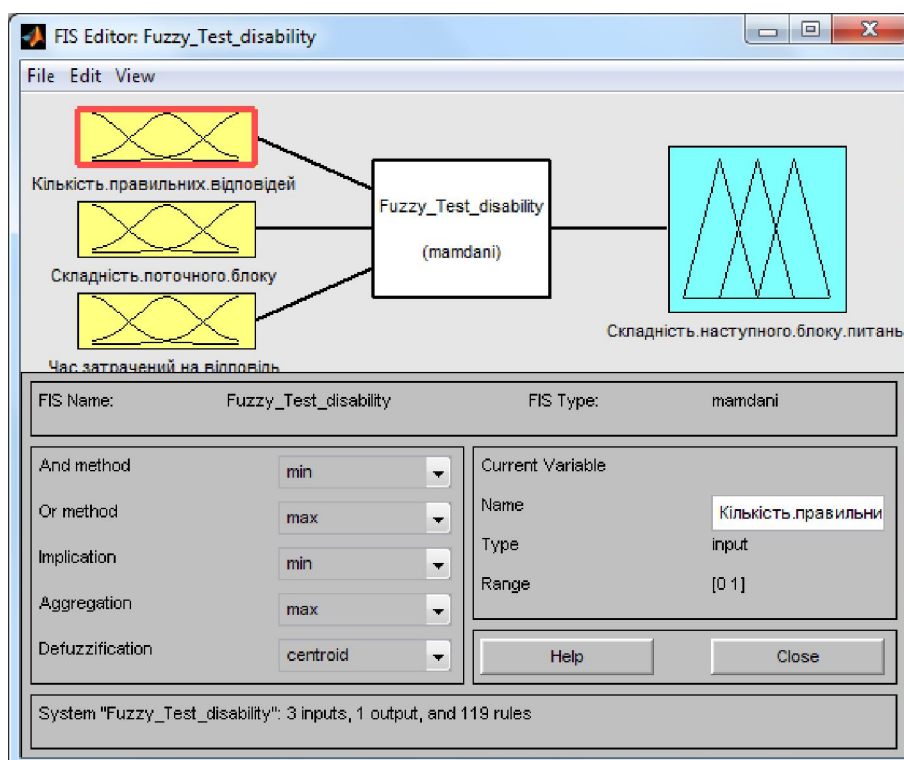


Рисунок 3.21 – Входи і виходи нечіткої системи тестування

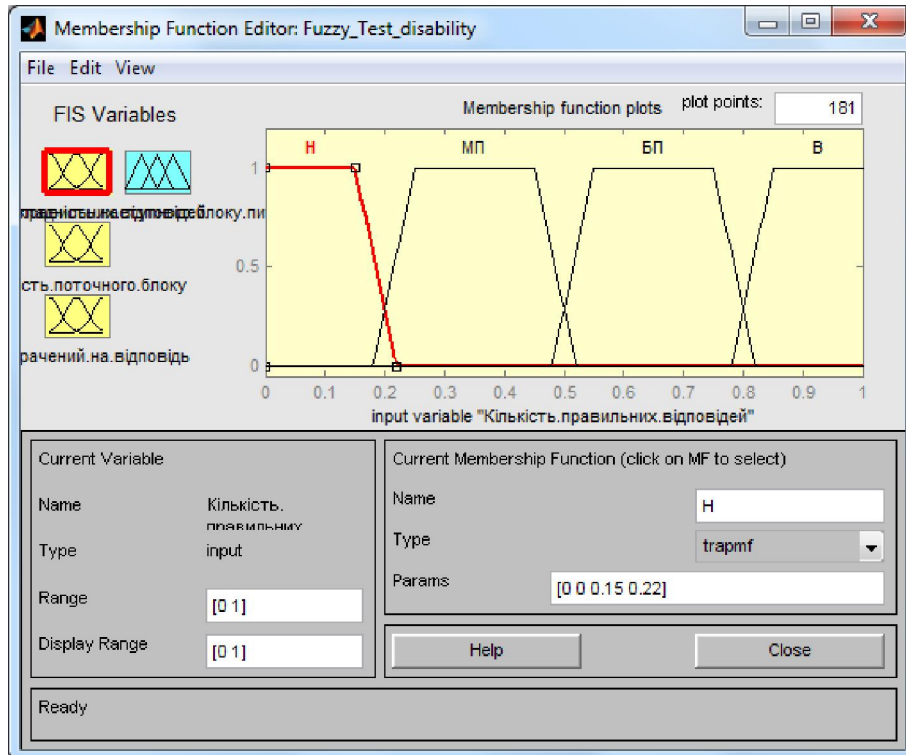


Рисунок 3.22 – Функції належності вхідної змінної «Кількість правильних відповідей на блок питань»

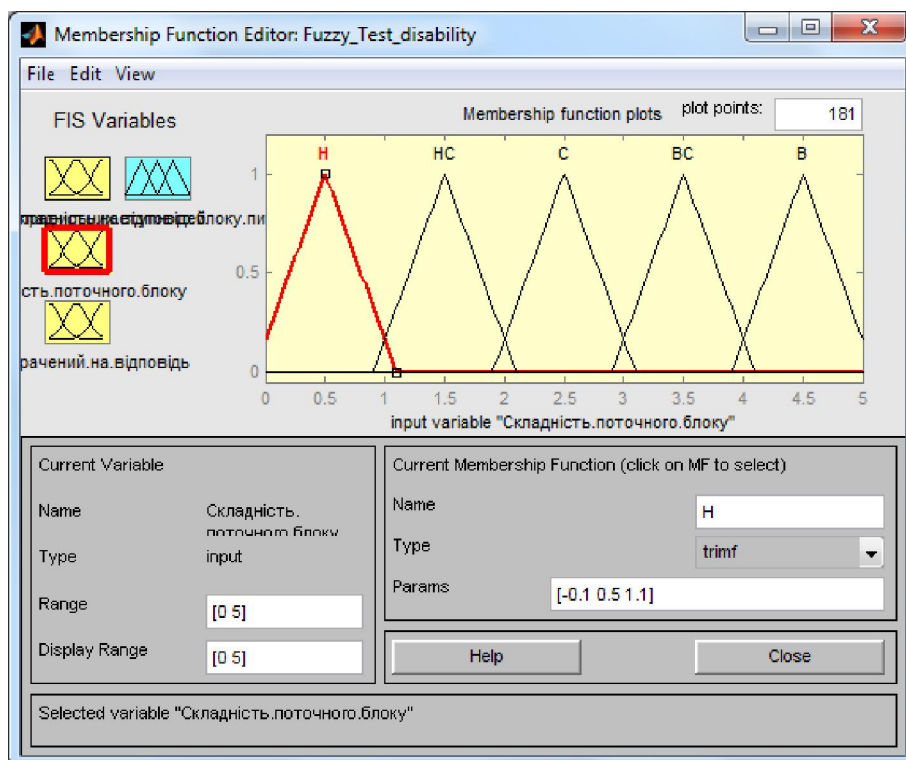


Рисунок 3.23 – Функції належності вхідної змінної «Складність поточного блоку питань»

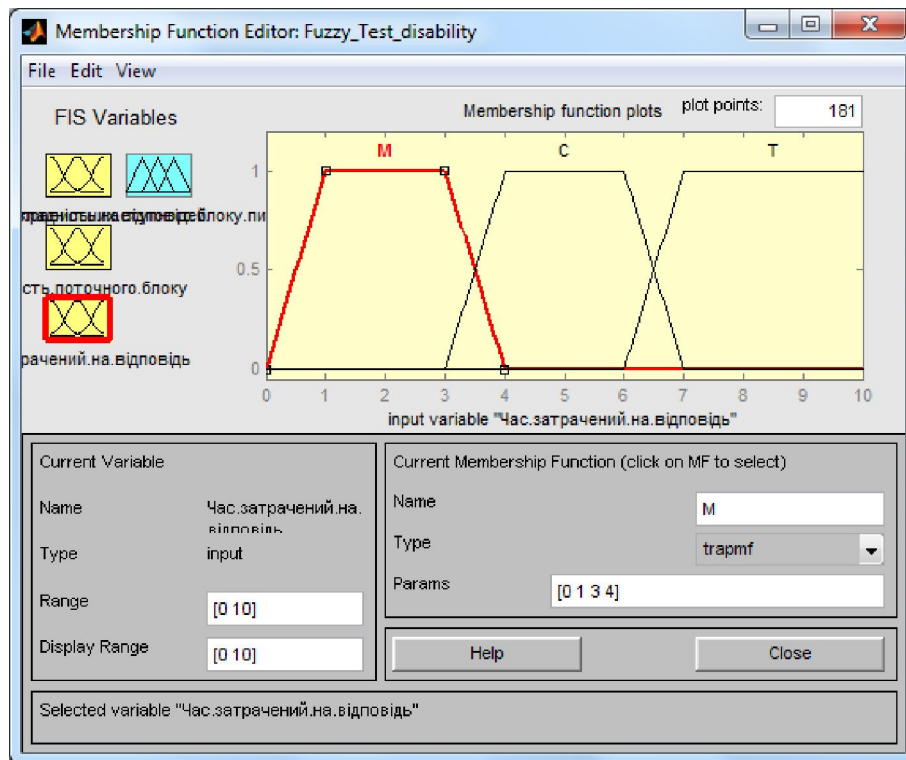


Рисунок 3.24 – Функції належності вхідної змінної «Час затрачений на відповідь на блок питань»

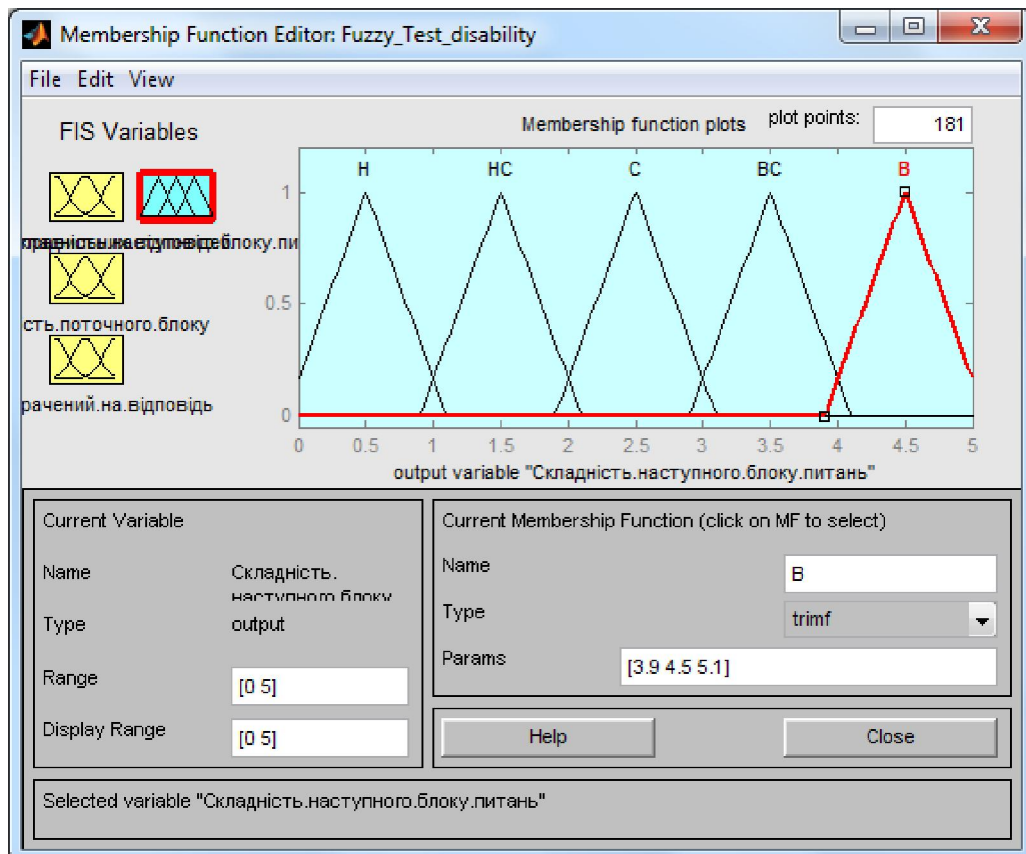


Рисунок 3.25 – Функції належності вихідної змінної «Складність наступного блоку питань»

Робота запропонованої нечіткої системи побудови індивідуальної траєкторії навчання залежить від бази правил. Оскільки кожна вхідна змінна задана різною кількістю функцій належності і враховуючи неможливість ситуації, коли вхідна змінна не задана, то база правил складається з  $R = 6 \cdot 5 \cdot 4 - 1 = 120$  правил типу «якщо – то» і будується відповідно до даних таблиці Д.1.

В процесі роботи системи сформовано набір правил визначення часу вивчення навчального матеріалу (рисунок 3.26). База правил нечіткої системи подана в додатку Е та на рисунку 3.27 [11, 43].

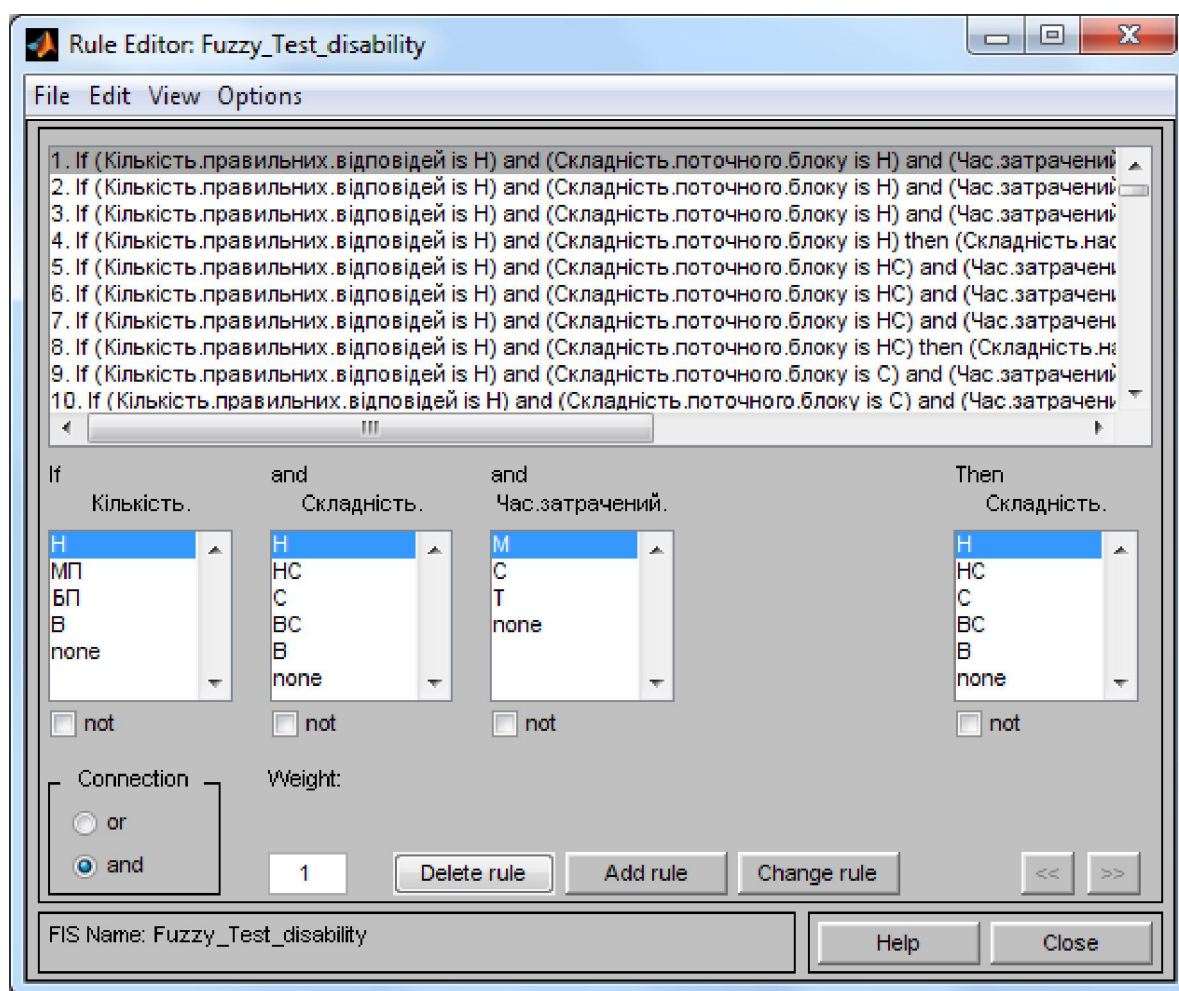


Рисунок 3.26 – Набір нечітких правил зміни складності

Поверхня (рисунок 3.28) відображає залежність складності наступного блоку питань від складності поточного блоку та кількості правильних відповідей. Поверхня (рисунок 3.29) відображає залежність складності наступного блоку

питань від часу затраченого на відповідь та від кількості правильних відповідей. Поверхня (рисунок 3.30) відображає залежність складності наступного блоку питань від часу затраченого на відповідь та складності поточного блоку питань [11, 43]. У таблиці 3.15 наведено залежність вихідної змінної від вхідних.

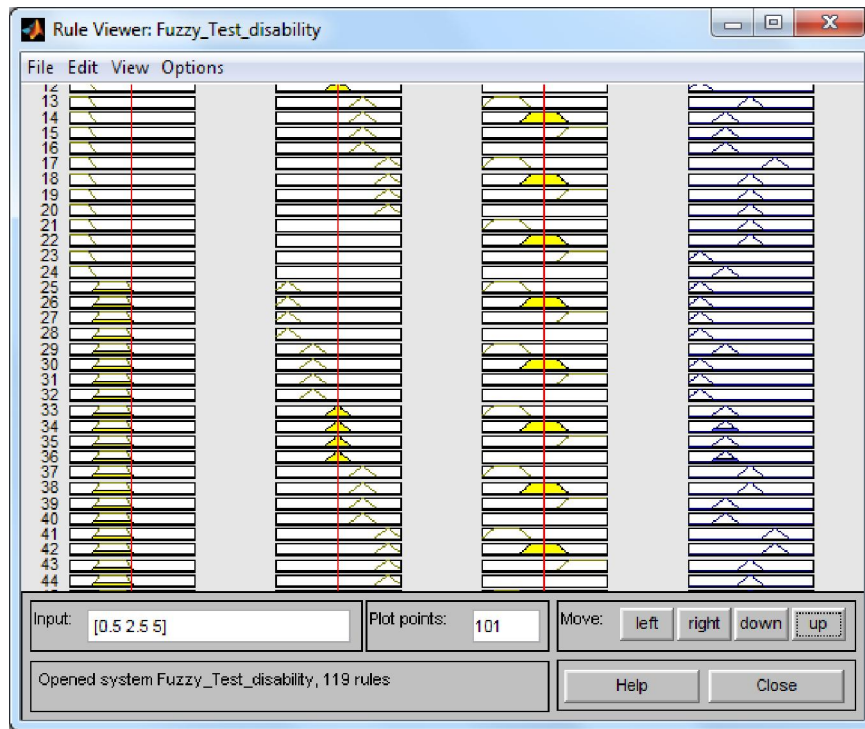


Рисунок 3.27 – База правил нечіткої системи

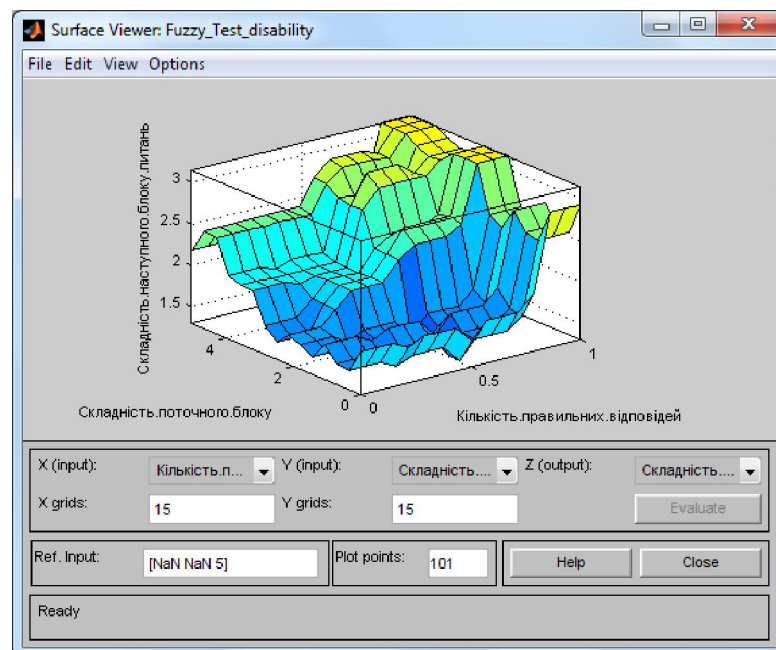


Рисунок 3.28 – Поверхня, що відображає залежність складності наступного блоку питань від складності поточного блоку та кількості правильних відповідей

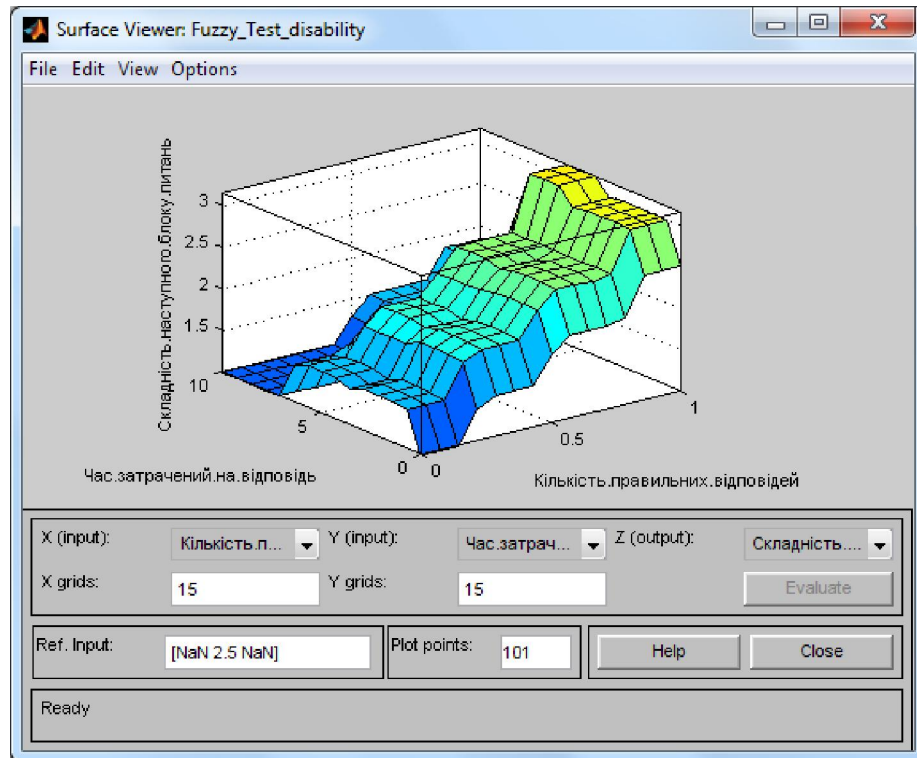


Рисунок 3.29 – Поверхня, що відображає залежність складності наступного блоку питань від часу затраченого на відповідь та від кількості правильних відповідей

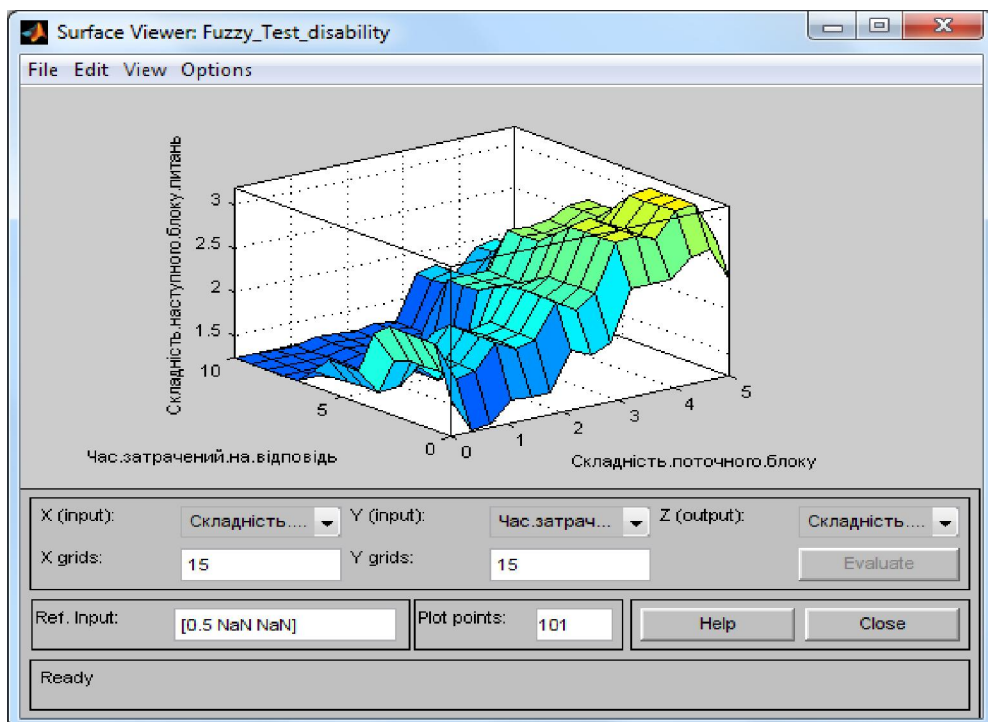


Рисунок 3.30 – Поверхня, що відображає залежність складності наступного блоку питань від часу затраченого на відповідь та складності поточного блоку питань

Таблиця 3.15 – Відповідність вхідних та вихідної змінних

Кількість правильних відповідей на блок питань	Складність поточного блоку питань	Час затрачений на відповідь на блок питань	Складність наступного блоку питань
0.8219	0.8219	9.031	0.829
0.1969	0.1969	3.602	1.5
0.5281	1.553	2.406	1.79
0.9031	2.422	8.344	3.5
0.5281	1.553	8.031	0.812
0.4781	2.919	3.031	1.64
0.2281	0.3727	1.219	0.55
0.6906	1.988	7.281	1.94
0.2281	2.857	8.156	0.841
0.8156	3.602	8.031	3.23
0.4531	1.615	1.719	1.5
0.5594	1.304	8.594	1.08
0.4531	3.354	5.719	2.5
0.6344	2.981	7.594	2.91
0.4531	4.845	5.719	3.5
0.3594	2.609	3.031	1.5
0.7656	4.845	2.344	4.53

Як видно з рисунків 3.28-3.30 і таблиці 3.15, складність наступного блоку тестових питань найбільше залежить від фізичного стану студентів, кількості правильних відповідей та від складності поточного блоку.

### Висновки за розділом 3

1. Вдосконалено алгоритм пірамідального тестування і реалізовано його у вигляді плагіну для системи дистанційного навчання MOODLE кафедри інтелектуальних управляючих та обчислювальних систем Національного університету державної податкової служби України. В розробленому алгоритмі адаптивного тестування враховується складність завдань, тести адаптуються до потреб студента, підвищується мотивація студентів та скорочується час виконання адаптивних тестів приблизно на 25%.

2. Запропоновано механізм побудови індивідуальної навчальної траєкторії в мережі навчальних фрагментів з вибором базових навчальних фрагментів, що дало можливість зменшити час навчання студента при вивченні оптимальної кількості навчальних фрагментів певного рівня складності з врахуванням рівня його підготовки.

3. Реалізовано метод формування індивідуальної траєкторії навчання в системі дистанційного навчання MOODLE з використанням стандарту SCORM. При цьому студент забезпечується теоретичним матеріалом, вправами для вивчення теорії, інструктивними матеріалами, відповідно до свого рівня знань. Врахування параметрів моделі студента забезпечує його навчальним матеріалом згідно з індивідуальними особливостями.

4. Реалізовано нечітку онтологію навчальної дисципліни «Теорія прийняття рішень», набір правил якої реалізовано у середовищі MatLab, а власне нечітку онтологію у Protégé. Також реалізовано нечітку систему комп'ютерного адаптивного тестування.

Основні результати розділу опубліковані в працях [11, 43, 44, 45, 50, 118].



## РОЗДІЛ 4

### ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ

#### 4.1 Структура програмного забезпечення та алгоритми функціонування системи комп'ютеризованого навчання

Процес комп'ютеризованої генерації траєкторії адаптивного навчання спрямований на забезпечення навчання та самопідготовки студентів. Автоматизований семантичний аналіз та семантична розмітка навчального матеріалу є дуже складною і на даний час не реалізованою. Тому викладач повинен виконати семантичну розмітку навчальних фрагментів, тобто заповнити метадані усіх навчальних фрагментів, а особливо, задати тип, складність та нормативний час вивчення кожного навчального фрагменту.

Для ефективної побудови індивідуальної траєкторії навчання на основі використання нечіткого та семантичного підходів розроблені програмні засоби, що дають змогу здійснити основні операції з нечіткого тестування знань студентів та побудови індивідуальної траєкторії навчання.

Схема програмного забезпечення системи адаптивного навчання показана на рисунку 4.1.

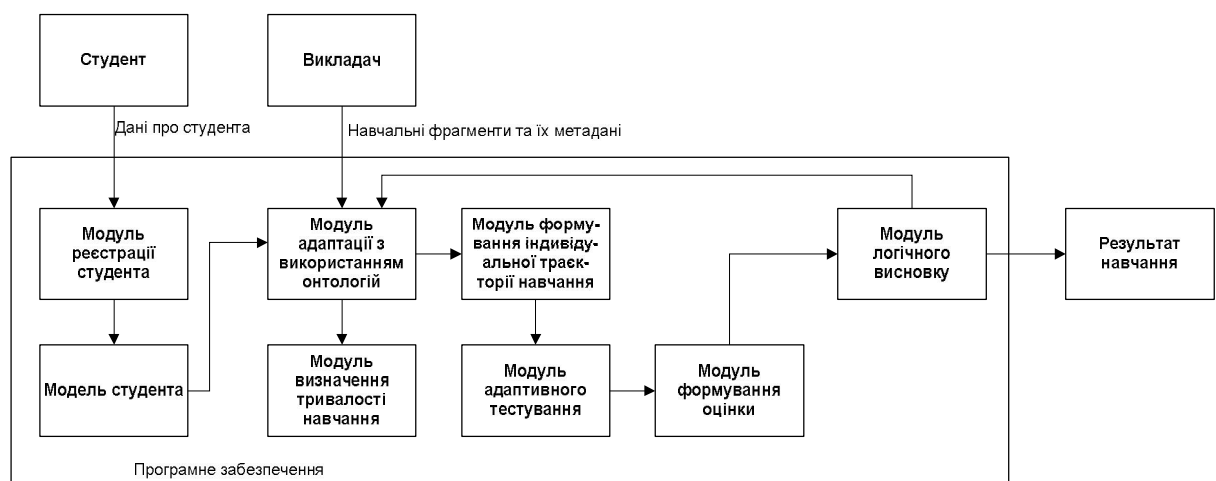


Рисунок 14 – Структура системи адаптивного навчання

Запропонована схема складається з наступних основних модулів:

1. Модуль реєстрації студентів.
2. Модуль адаптації з використанням онтологій.
3. Модуль формування індивідуальної траєкторії навчання.
4. Модуль визначення тривалості навчання.
5. Модуль адаптивного тестування.
6. Модуль формування оцінки.
7. Модуль логічного висновку.

Модуль реєстрації студентів призначений для реєстрації та входу студентів у систему дистанційного навчання. Якщо даних студента немає в базі системи, йому пропонується зареєструватися. Якщо дані студент є у системі, йому пропонується ввести свій логін та пароль. У разі коли введено неправильний пароль, система просить повторити ввід.

Модуль адаптації з використанням онтологій орієнтований на використання різноманітних метаданих, котрі задають формування індивідуальної траєкторії навчання. До стандартних метаданих введено три нових характеристики – «тип» навчального матеріалу, який містить дані про його тип (базовий теоретичний матеріал, додатковий теоретичний матеріал, роз'яснюючий матеріал, задачі на виконання).

Дуже важливою характеристикою є для побудови індивідуальної траєкторії навчання є характеристика складності, за допомогою якої саме формується набір навчального матеріалу. Вказана характеристика задає максимальний бал, який може отримати студент за вивчення певного навчального фрагмента.

Третьою важливою характеристикою навчального фрагмента є час його вивчення при відомій складності та рівню знань, тобто коли складність навчального фрагмента вища від рівня знань – час вивчення зростає, в протилежному випадку – зменшується.

Знаючи всі ці три характеристики можна формувати індивідуальну траєкторію навчання відповідно до знань студента і визначити орієнтовний час проходження цієї траєкторії, тобто час вивчення всього навчального матеріалу.

Модуль формування індивідуальної траєкторії навчання призначений для підбору початкових фрагментів відповідного типу та складності. Інтелектуальність даного модуля забезпечується нечітким підходом з використанням онтологій і семантичних характеристик навчального матеріалу.

В моделі студента фіксуються не тільки усі тестові питання, але взагалі усі навчальні фрагменти, що були видані студенту для вивчення.

Для цього до навчального матеріалу потрібно додати семантичну розмітку, тобто визначити семантичні зв'язки між частинами навчального матеріалу і правильно оформити блок метаданих усіх навчальних фрагментів. Оформлені навчальні фрагменти зберігаються у сховищі навчальних об'єктів, а їх метадані – в сховищі метаданих навчальних об'єктів. Головним і найскладнішим завданням викладача є правильне визначення: типу і складності навчальних об'єктів, нормативного часу їх вивчення, співвідношення даної складності з рівнем знань студентів, визначення ймовірності правильних відповідей, послідовності їх вивчення.

Потім, відповідно до рівня знань студента, проводиться формування навчального матеріалу для вивчення, за заданою семантичною мережею будується індивідуальна траєкторія навчання для студента.

Модуль визначення тривалості навчання використовується для зменшення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання. Як вже згадувалося в розділі 2.1, час проходження індивідуальної траєкторії навчання складається із суми часу попереднього та завершального тестування, а також часу вивчення навчальних фрагментів, залежно від їх складності та рівня знань студента.

Модуль оптимізує затрати часу на проходження індивідуальної траєкторії навчання, тобто перерозподіляє кількість навчальних фрагментів так, щоб студенти швидше вивчили оптимальну кількість навчальних фрагментів, отримали максимальні знання і виділили час на наукову роботу.

Фактичний час проходження індивідуальної траєкторії навчання є трохи більшим від суми часу на початкове і завершальне тестування та час вивчення навчального матеріалу.

Тому головним завданням даного модуля є оптимальний вибір навчального матеріалу відповідно до рівня знань студента при формуванні індивідуальної траєкторії навчання.

Модуль адаптивного тестування призначений для зміни складності наступного блоку тестових питань. Для реалізації цього модуля використано нечіткий підхід.

Блок питань містить три питання середнього рівня складності. Після відповіді система визначає рівень складності наступного блоку питань, враховуючи переважну кількість правильних відповідей, рівень складності поточного блоку питань та час, витрачений на відповіді на блок питань. В тому разі, коли кількість правильних відповідей більша від половини – складність наступного блоку підвищується, коли всі відповіді правильні – складність підвищується на дві ступені. Коли кількість правильних відповідей менша половини – складність наступного блоку знижується, коли всі відповіді неправильні – складність знижується на дві ступені.

В модулі контроль часу при відповідях на запитання вводиться для уникнення списування. Коли ж студент тривалий час не обирає вірну відповідь, – то у нього, ймовірно, недостатній рівень знань або питання занадто складне. Коли ж студент відповів правильно, але затратив багато часу на відповідь, то, можливо, він списував.

Модуль формування оцінки використовується разом з модулем адаптивного тестування. При тестуванні вводиться наступне правило: коли складність – низька і її рекомендується знизити, то складність не знижується, а наступний блок дається тієї ж складності. Після двох спроб зниження низької складності студентові виставляється незадовільна оцінка і він спрямовується на повторне вивчення теми. Аналогічно, при двох спробах підвищення високої складності, тестування припиняється і студентові виставляється максимальна оцінка. Коли ж три рази відбувається перехід складності – тестування припиняється. У всіх трьох випадках оцінка студента з використанням підходу нечіткої логіки попадає в певний кластер: незадовільна, задовільна, нижча середньої, середня, вища

середньої, висока, дуже висока. Потім виконується дефазифікація оцінки і результати навчання передаються в модуль логічного висновку.

Модуль логічного висновку призначений для прийняття рішення після завершення циклу навчання. Якщо результат нижчий 60 балів, студенту видається вже розширений навчальний матеріал з додатковими роз'ясненнями, додатковими вправами, посиланнями на навчальний матеріал доступний в мережі Інтернет, і він продовжує вивчення теми. В даному модулі організується циклічне навчання. Коли студент в результаті тестування отримує більше 60 балів, але менше ніж він планував при початку вивчення, йому пропонується продовжити навчання, щоб отримати кращу оцінку або завершити вивчення і здати тему викладачу.

Діаграму використання системи комп'ютеризованого навчання наведено на рисунку 4.2, а структуру системи – на рисунку 4.3.

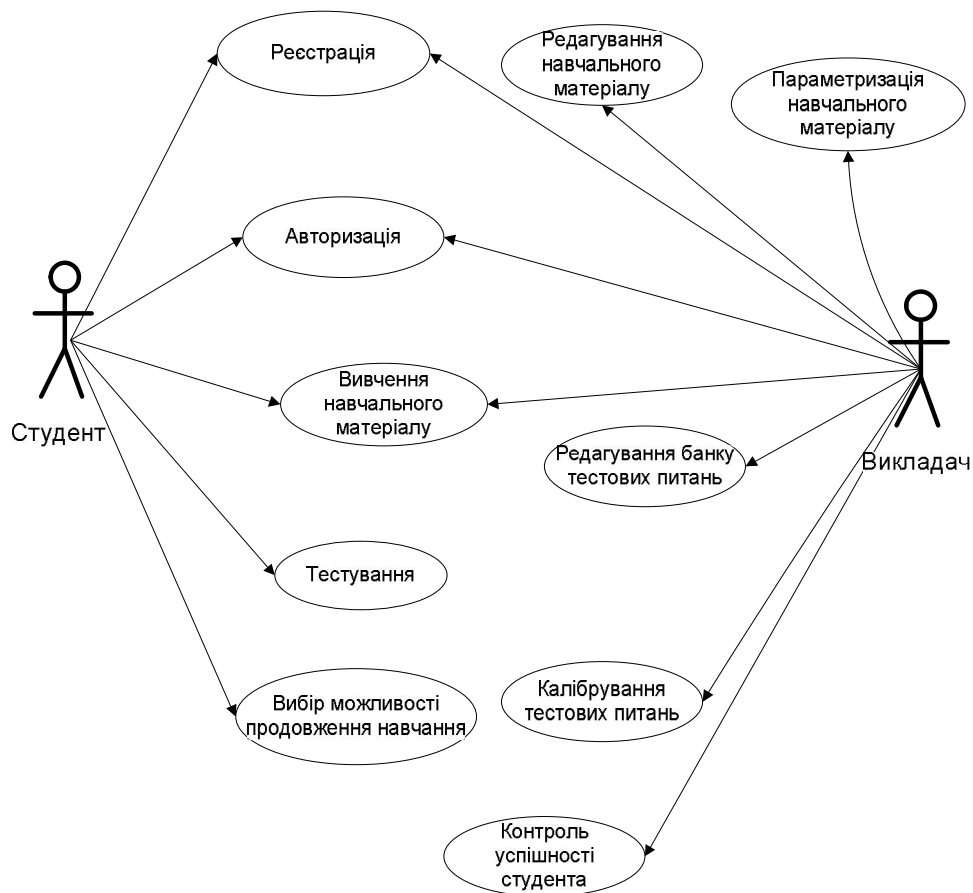


Рисунок 4.3 – Діаграма використання

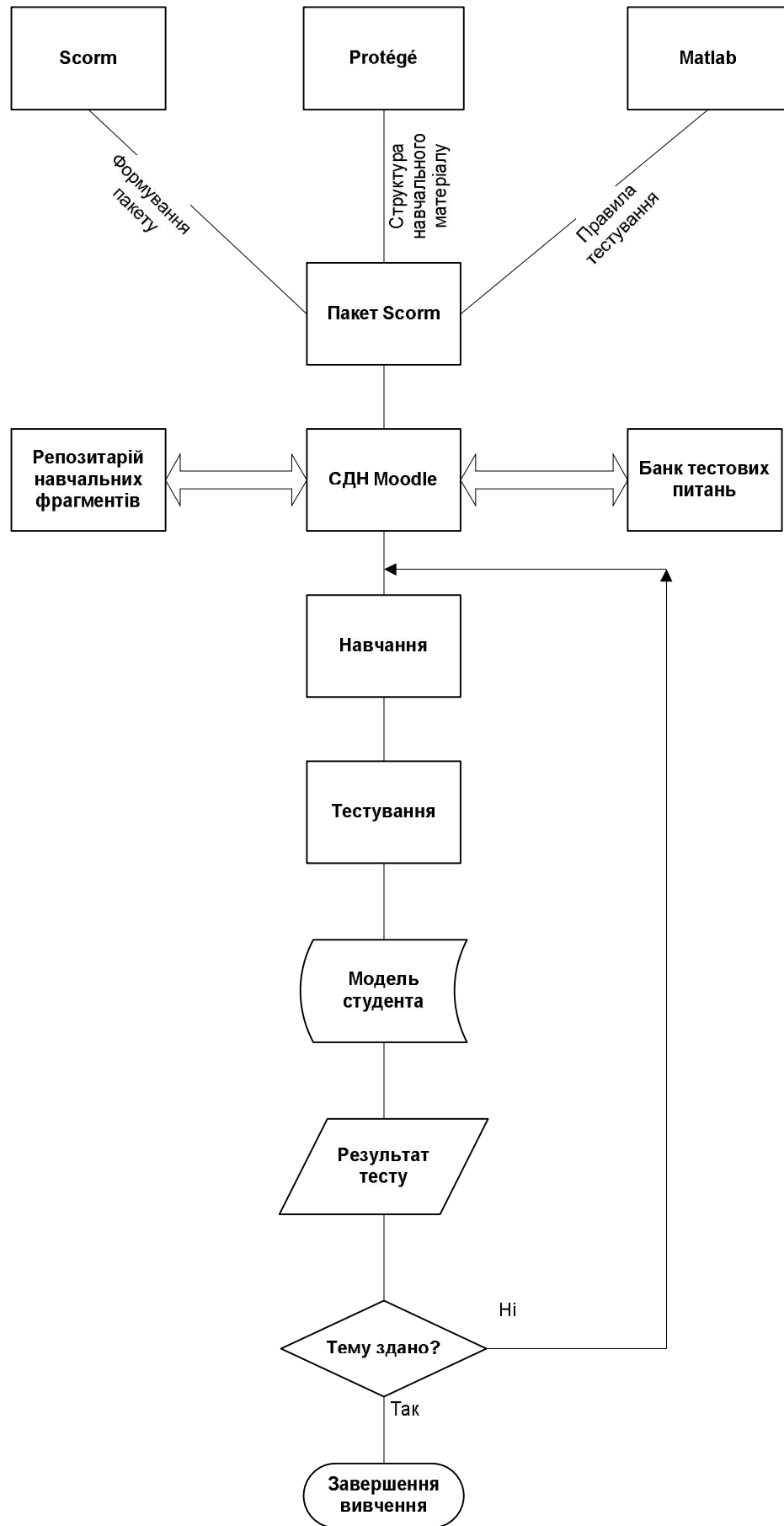


Рисунок 4.2 – Структура системи комп'ютеризованого навчання

## 4.2 Програмна реалізація системи

На завершення підбору навчального матеріалу потрібно підібрати навчальні фрагменти різного рівня складності, визначити семантичні зв'язки між ними і сформувати індивідуальну навчальну траєкторію для зменшення часу навчання або навчальних фрагментів, що буде показано далі. Це складне завдання викладача, тому що комп'ютеризована система має певні обмеження і не може оцінити творчі аспекти навчання. В простому вивченні теоретичного матеріалу система користується метаданими навчального матеріалу. А викладач (автор курсу) повинен прописати метадані (складність, тип та час вивчення) кожного навчального фрагменту. Це ускладнює процес підготовки навчального матеріалу, але потім спрощує побудову індивідуальної траєкторії навчання [118].

При підготовці навчального матеріалу викладач повинен додати до метаданих кожного навчального фрагменту його складність, тип та нормативний час вивчення (рисунок 4.4) [118].

На початку навчання студент має можливість вибору мінімальної оцінки, яка його влаштовує (рисунок 4.5). Після цього студент проходить попереднє тестування за результатами якого йому видається певна кількість навчального матеріалу. Частина навчального матеріалу вищої складності не відображається [118].

Викладач вводить рейтинг студента в його профіль і студент отримує відповідний навчальний матеріал. В стандарті SCORM результат тестування виводиться у відсотках правильних відповідей, що співпадає з оцінкою за 100-бальною шкалою. Одночасно у меню з лівої сторони кожного з скріншотів видно, що кількість навчального матеріалу залежить від оцінки, отриманої при тестуванні [118].

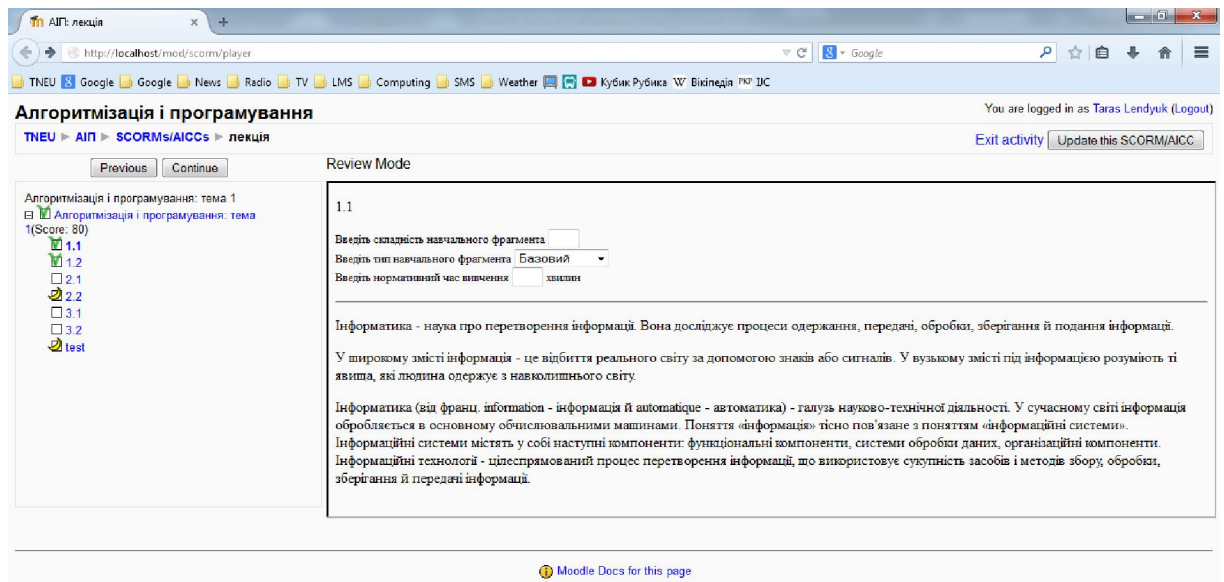


Рисунок 4.4 – Редактор метаданих навчального фрагмента

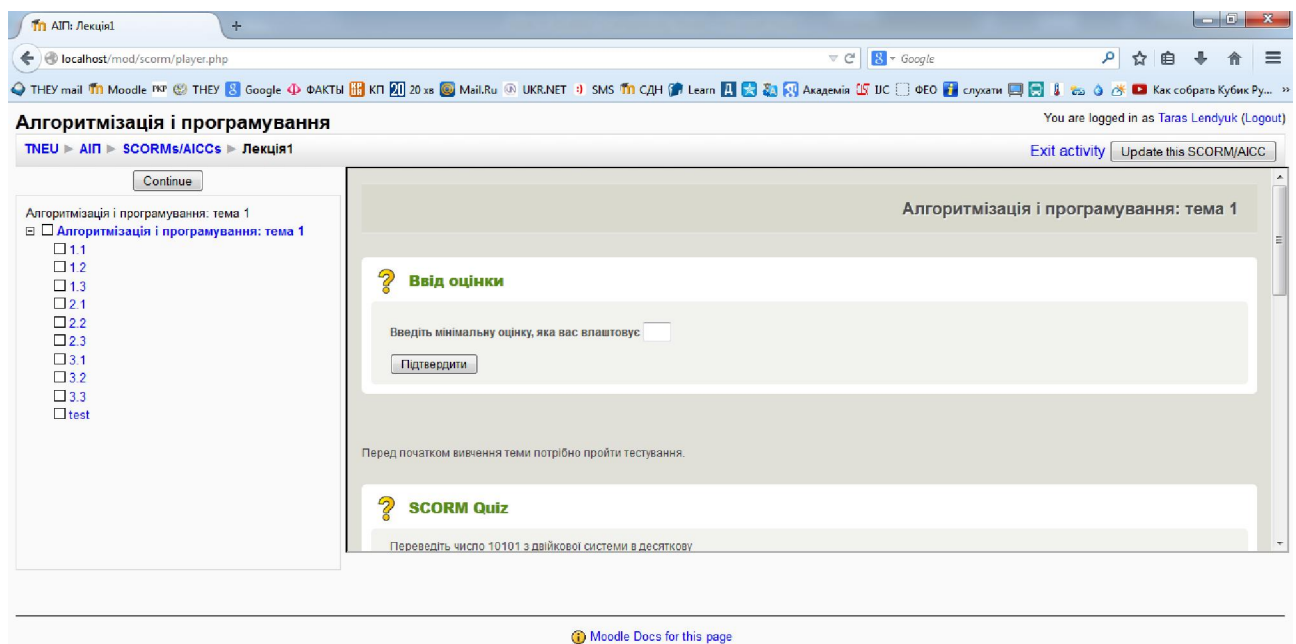


Рисунок 4.5 – Вибір бажаної оцінки студентом

Формується вибірка навчального матеріалу для студентів з різним рівнем знань. Також, одночасно при видачі навчального матеріалу виводиться інформація про його складність (рисунки Ж.1-Ж.3).

При проходженні завершального тестування студента отримує бал (рисунок 4.6). Якщо результат нижчий 60 балів, студенту видається вже пройдений навчальний матеріал з додатковими роз'ясненнями, додатковими вправами, посиланнями на навчальний матеріал доступний в мережі Інтернет, і він



продовжує вивчення теми. Коли студент в результаті тестування отримує більше 60 балів, йому пропонується продовжити навчання, щоб отримати кращу оцінку або завершити вивчення і здати тему викладачу (рисунок 4.7) [118].

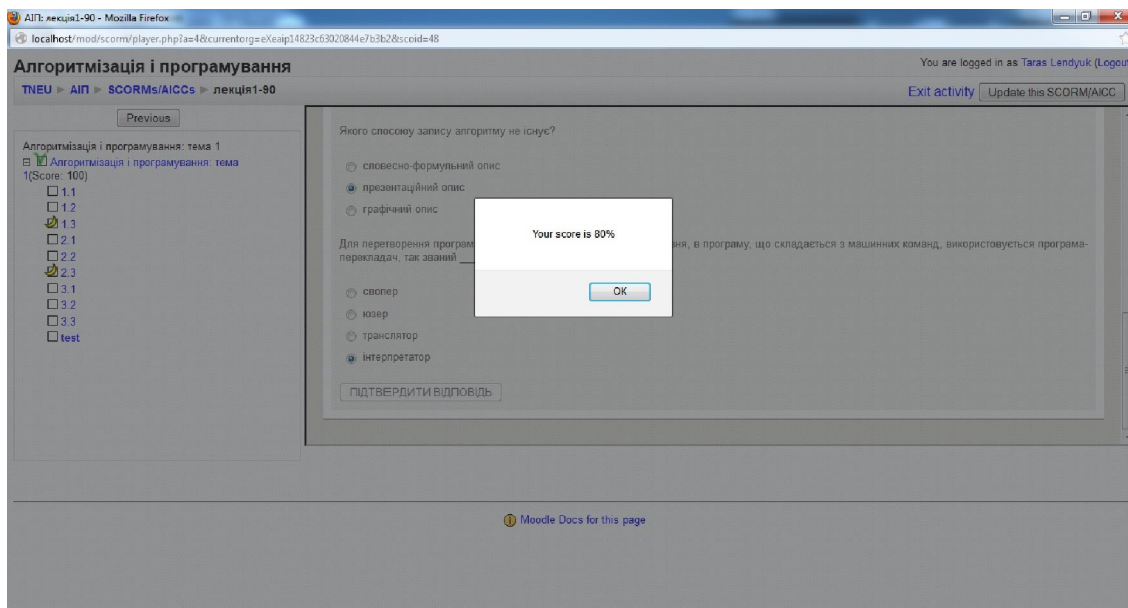


Рисунок 4.6 – Підсумкова оцінка студента після проходження завершального тестування

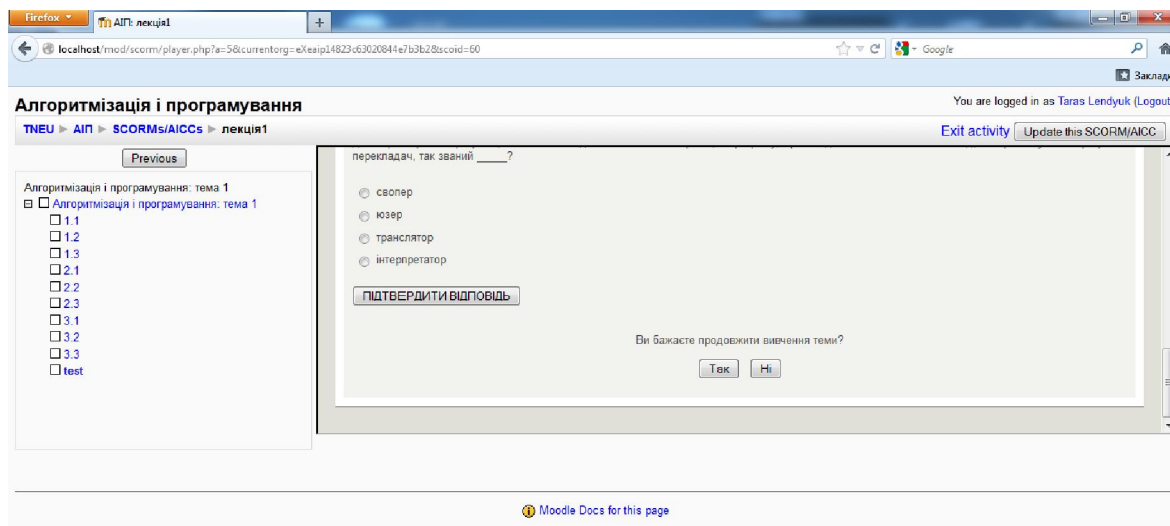


Рисунок 4.7 – Діалог студента з СКН про продовження вивчення теми

Текст програми модуля адаптивного навчання та тестування з використанням стандарту SCORM наведено в додатку И.

### 4.3 Статистична оцінка розробленої інформаційної технології

Запропонований метод формування індивідуальної траєкторії навчання, удосконалені нечітка модель зміни складності наступного блоку тестових питань, модель пірамідального тестування, та онтологічна структура навчального фрагменту, модифікований алгоритм адаптивного навчання та алгоритм припинення адаптивного тестування, засоби інтелектуального аналізу оброблення результатів навчання студентів і програмної реалізації стали основою розробленої ІТ.

Проведемо статистичну оцінку розробленої ІТ технології. Складність тестових питань визначається емпіричним способом. Для цього необхідно протестувати студентів і складність тестових питань визначається в процесі обробки результатів. Розмір вибірки не повинен бути менший 100-150 осіб, а кількість тестових питань не повинна бути меншою 40.

Робота даної системи тестувалась на студентах, які вивчали дисципліни «Управління проектами інформатизації», «Теорія прийняття рішень» та «Управління інформацією і знаннями». Результати наведені в таблиці 4.1 виявилися співмірними.

Таблиця 4.1 – Порівняння запропонованого підходу з відомими підходами при вивченні дисципліни «Теорія прийняття рішень»

Метод тестування	Середнє	Дисперсія	Найбільше значення	Найменше значення	Час тестування (хв.)
MLE	2,75	0,17	3,28	2,28	19,22
OWEN	3,16	0,22	3,87	2,68	22,15
EAP	2,87	0,24	3,55	2,27	20,12
MAP	3,29	0,15	3,87	2,87	23,02
SPRT	4,03	0,15	4,35	3,37	28,20
EXSPRT-R	3,77	0,15	4,12	3,23	26,39
Пропонований підхід	1,79	0,16	2,36	1,45	12,53

Нижче наведено результати тестування групи студентів за 40 тестовими питаннями із дисципліни «Теорія прийняття рішень», котрі були використані для визначення складності тестових питань за допомогою IRT. Відповіді на питання, в процесі обробки для зручності були відсортовані за складністю, а результати – відсортовані за отриманими оцінками. Після цього з вибірки були вилучені прості питання, на котрі відповіли всі студенти, і складні питання, на котрі не відповів жоден студент. За допомогою даного підходу і визначається складність питань. В лінійці 33 можна побачити логіти складності питань, а в стовпці AT – логіти підготовки студентів (рисунок 4.8) [123].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	AP	AQ	AR	AS	AT		
1		кількість питань				40				кількість студентів				24									
2	numb	24	32	38	20	27	3	12	18	23	15	16	25	26	35	9	Y	s	q	ρq	lnp/q		
3	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	39	0,98	0,03	39	3,66	
4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	38	0,95	0,05	19	2,94	
5	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37	0,93	0,08	12,333	2,51	
6	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	0,900	0,100	9,000	2,197	
7	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	35	0,875	0,125	7,000	1,946	
8	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33	0,825	0,175	4,714	1,551	
9	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	0,775	0,225	3,444	1,237	
10	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	0,725	0,275	2,638	0,989	
11	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	0,675	0,325	2,077	0,731	
12	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	0,675	0,325	2,077	0,731	
13	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	0,625	0,375	1,667	0,511	
14	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	0,600	0,400	1,500	0,405	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	20	0,500	0,500	1,000	0,000	
16	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	21	0,525	0,475	1,105	0,100	
17	10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	19	0,475	0,525	0,905	-0,100	
18	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	19	0,475	0,525	0,905	-0,100	
19	15	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	18	0,450	0,550	0,818	-0,201	
20	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	18	0,450	0,550	0,818	-0,201	
21	21	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	14	0,350	0,650	0,538	-0,619	
22	9	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	14	0,350	0,650	0,538	-0,619	
27	R	23	23	22	21	20	20	19	19	19	19	19	19	18	18	18	18	332	8,30				
28	W	1	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6		13,83				
29	p	0,95	0,95	0,92	0,88	0,83	0,83	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,75	0,75	0,75	0,75	23,58						
30	q	0,04	0,04	0,08	0,13	0,17	0,17	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,25	0,25	0,25	0,25							
31	ρq	0,04	0,04	0,08	0,11	0,14	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,19	0,19	0,19	0,19	7,49						
32	αp	0,04	0,04	0,09	0,14	0,20	0,20	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,33	0,33	0,33	0,33							
33	lnq/p	-3,14	-3,14	-2,40	-1,95	-1,61	-1,61	-1,34	-1,34	-1,34	-1,34	-1,34	-1,34	-1,10	-1,10	-1,10							

Рисунок 4.8 – Вхідні дані

З графічного відображення кореляції складності завдань із загальним балом студентів видно, що лише три питання погано корелюють з результатами (рисунок 4.9).

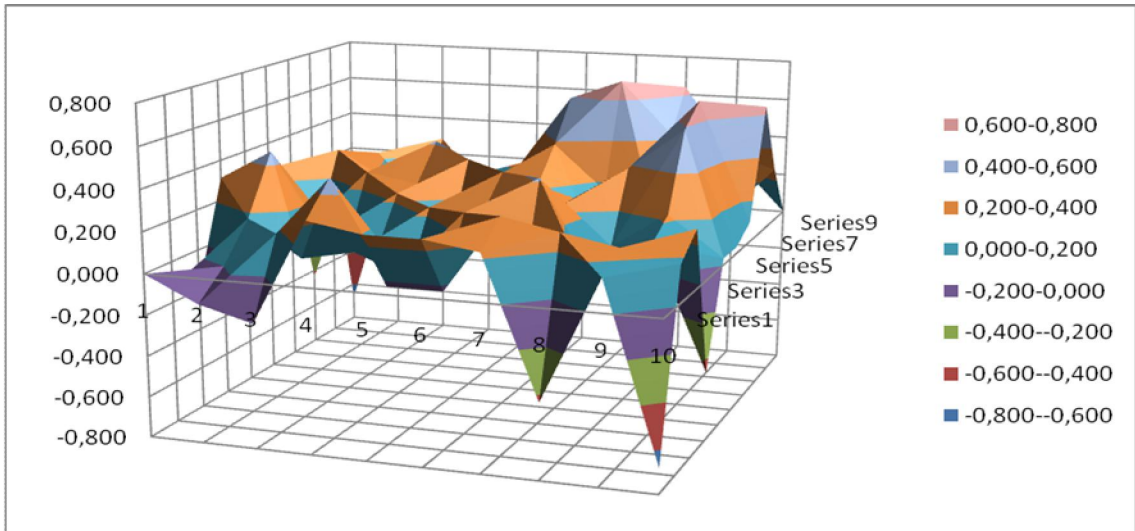


Рисунок 4.9 – Кореляція складності завдань із загальним балом студентів

На другому етапі, в процесі поглибленого аналізу якості завдань, для об'єктивної оцінки параметрів їх складності, доцільніше залучати апарат IRT. Залежність ймовірності правильної відповіді від рівня знань (рисунок 4.10) та від складності питань (рисунок 4.11) відповідно моделі Раша за даними, зображеними на рисунку 4.8.

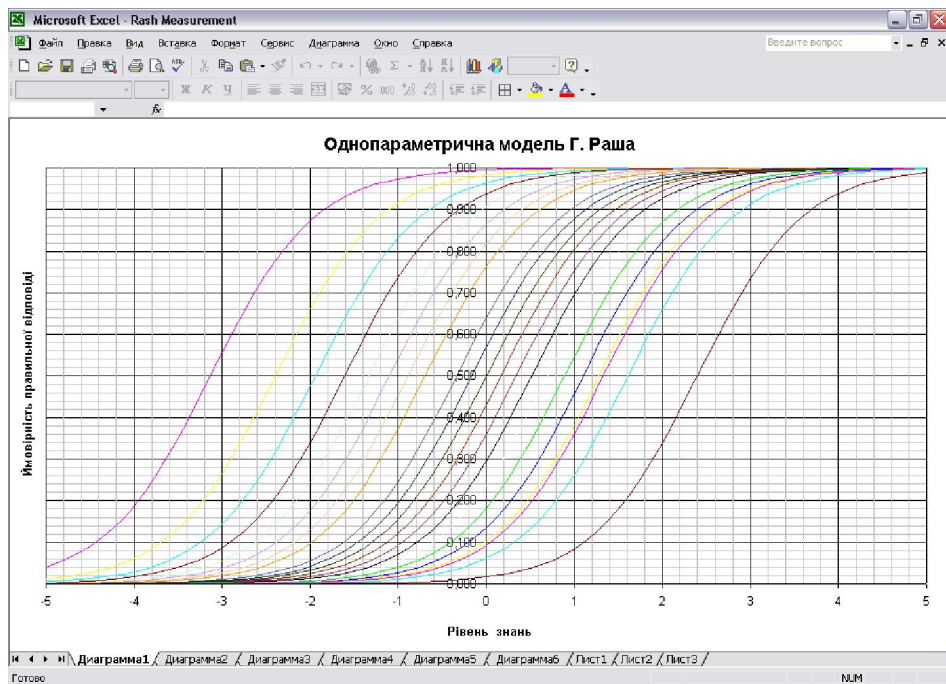


Рисунок 4.10 – Залежність ймовірності правильної відповіді від рівня знань

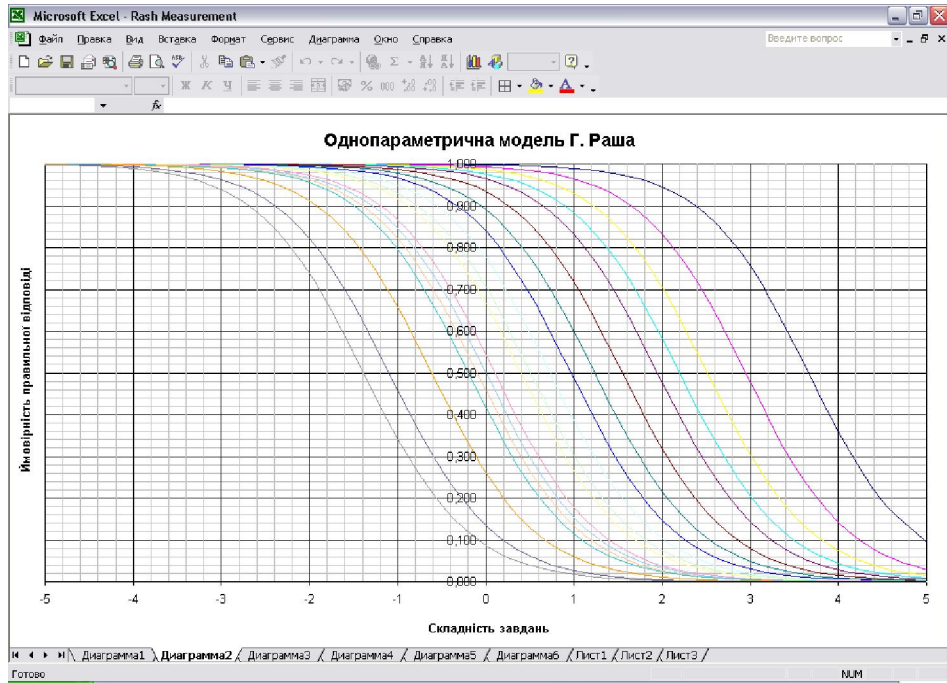


Рисунок 4.11 – Залежність ймовірності правильної відповіді від складності питань

Із рівень складності питань (рисунок 4.12) видно, що в даному тесті (рисунок 4.8) переважають питання з низьким рівнем складності.

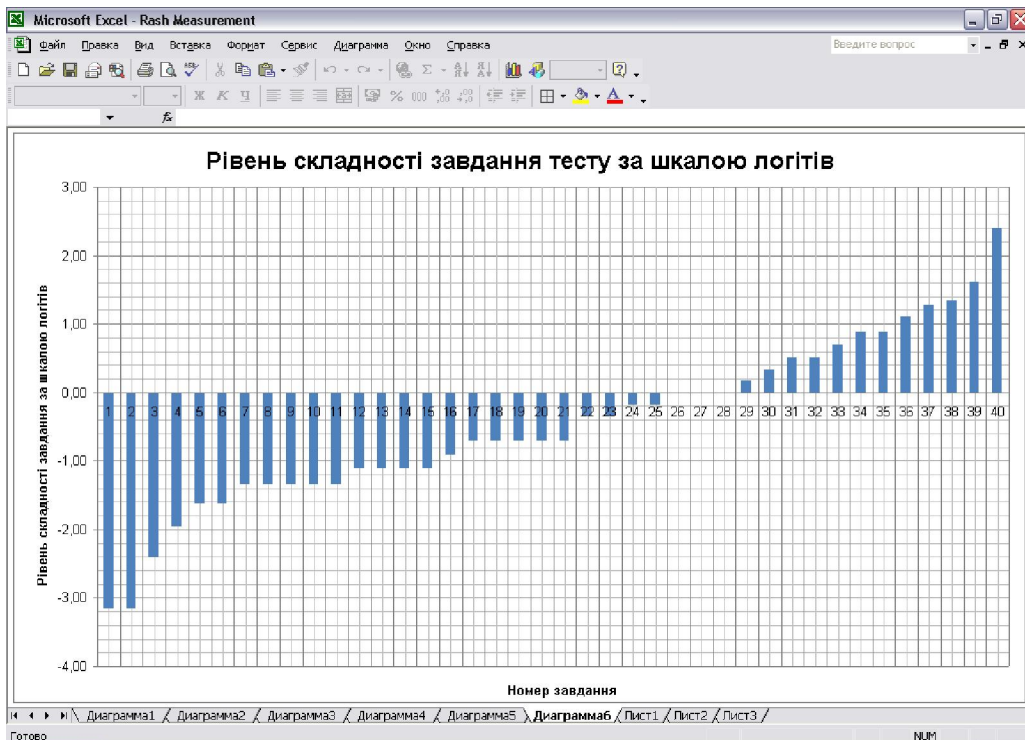


Рисунок 4.12 – Рівень складності питань

Із графіку показано інформаційну функцію по моделі Раша (рисунок 4.13) можна побачити рівні складності, на котрих краще працюють різні питання.

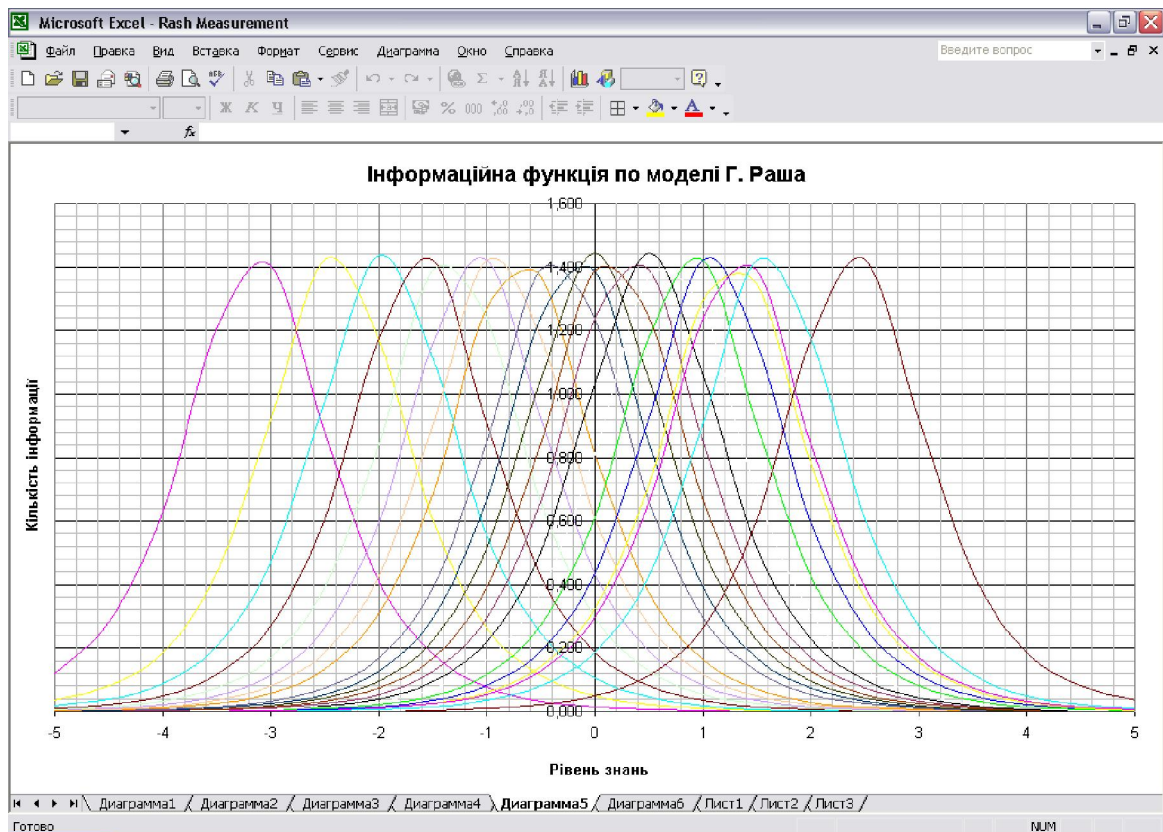


Рисунок 4.13 – Інформаційна функція по моделі Г. Раша

Із зображень двопараметричної (рисунок 4.14) та трьохпараметричної (рисунок 4.15) моделей А. Бірнбаума видно, що характеристичні криві у обох моделях перетинаються. Це пояснюється тим, що моделі мають різну складність для студентів різної підготовки в різних діапазонах. Подібні перетини характеристичних кривих характерні для цих моделей, що ускладнює їх використання. Тому, для визначення складності питань тесту доцільніше використовувати модель Г. Раша.

Під час експерименту використано пірамідальне тестування, класичне тестування і вдосконалений алгоритм пірамідального тестування. Із результатів експериментальних досліджень на прикладах дисциплін «Управління проектами інформатизації», «Теорія прийняття рішень» та «Управління інформацією і знаннями» видно, що результати тестування виявилися приблизно на одному

рівні. Це пояснюється тим, що в різних групах і на різних спеціальностях навчаються різні студенти і з різним рівнем знань, а тестові питання є простими і складними незалежно від спеціальності [11, 50].

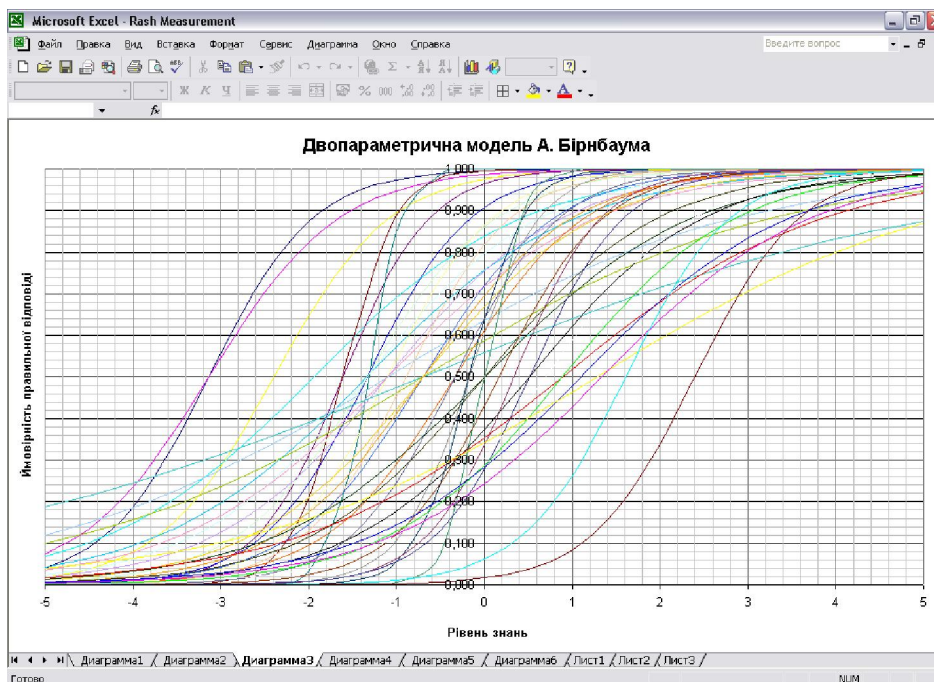


Рисунок 4.14 – Двопараметрична модель А. Бірнбаума

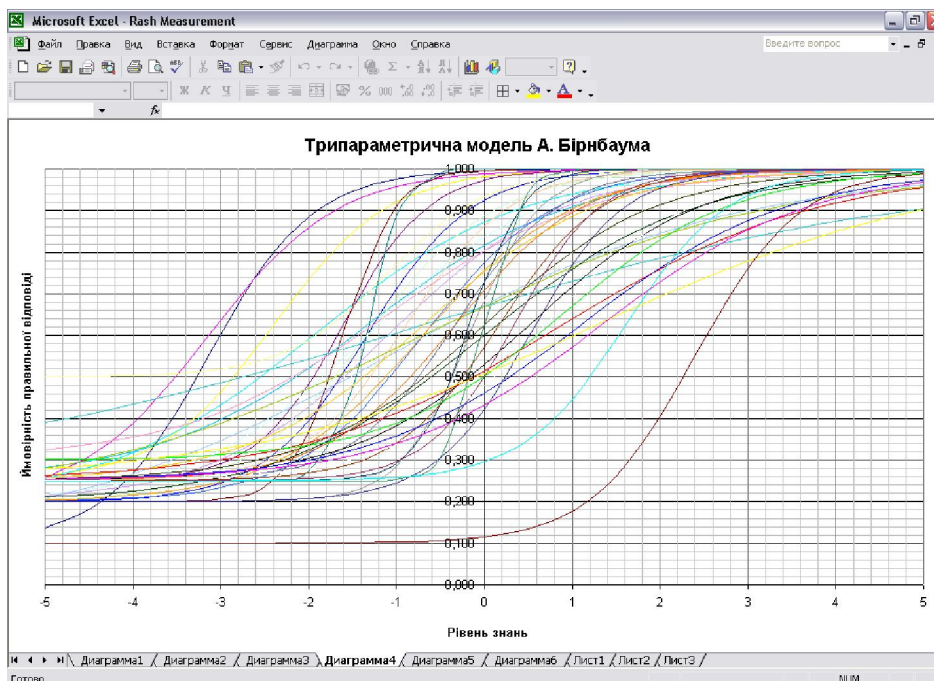


Рисунок 4.15 – Трьохпараметрична модель А. Бірнбаума

Крім того, під час проведення дослідження виявлено, що класичну теорію тестів не треба відкидати. Гнучкий підхід базується на взаємодії класичного і пірамідального тестування. Звичайно, апарат IRT досить складний, і тому доцільно починати розробку тесту, ґрунтуючись на класичній теорії, незважаючи на її низьку ефективність та істотні недоліки. Тому, простіше спочатку використати апарат класичної теорії тестів, щоб усунути з тесту найпростіші і найскладніші запитання, а також питання, що погано корелюють із отриманими результатами. Крім того вдосконалений алгоритм пірамідального тестування забезпечує вищу швидкість проходження тесту студентами.

#### Висновки за розділом 4

1. Розроблено і практично реалізовано на основі запропонованих методів і моделей інформаційну технологію, що дало можливість комп'ютеризованого формування індивідуальної траєкторії навчання для кожного студента із врахуванням його рівня знань, а також типу і складності навчальних фрагментів, що входять у індивідуальну траєкторію навчання.

2. Розроблено програмні засоби і алгоритми функціонування системи. Для програмної реалізації використано мову програмування РНР.

3. Результати експериментальних досліджень з використанням розробленого програмного забезпечення підтверджують вірність наукових положень запропонованої інформаційної технології, оскільки її впровадження дало змогу при адаптивному тестуванні врахувати складність завдань, адаптувати тести до потреб студента, підвищити мотивацію студентів та скоротити час виконання адаптивних тестів приблизно на 25%. Головним результатом є підвищення рівня знань студентів, хоча й недоліком для студентів із низьким рівнем знань є збільшення часу навчання.

Основні результати розділу опубліковані в працях [11, 50, 123].



## ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнено та розв'язано наукову задачу щодо створення індивідуальної траєкторії навчання студента в системі дистанційного навчання MOODLE з використанням стандарту SCORM. Проведене наукове дослідження дало змогу сформулювати такі висновки:

1. Проаналізовано існуючі моделі та інформаційні технології управління системою комп'ютеризованого навчання. За результатами огляду програмного забезпечення систем комп'ютеризованого навчання підтверджено доцільність використання СДН MOODLE, а також підготовки навчальних матеріалів у стандарті SCORM для навчання та самопідготовки студентів та слухачів курсів підвищення кваліфікації. Обґрунтовано, що сучасне дистанційне навчання повинно адаптуватися до індивідуальних особливостей студента при організації контролю знань і побудові індивідуальної траєкторії навчання.

2. Досліджено використання технологій семантичного вебу для Web-серверного зберігання і видачі навчальної інформації користувачеві на базі онтології з доповненням їх метаданими в стандарті SCORM. Запропоновано додати до метаданих навчального фрагменту його тип, складність та нормативний час вивчення, що дало можливість більше ефективно готувати навчальний матеріал.

3. Розроблено і програмно реалізовано алгоритм адаптивного навчання з використанням навігації в мережі навчальних фрагментів з вибором навчальних фрагментів відповідно до їх типу. Експериментально підтверджено, що це дає можливість зменшити час навчання студента з кількістю навчальних фрагментів певного рівня складності і рівнем підготовки студента на 20%.

4. Запропоновано метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу, рівня знань студентів та індивідуальної траєкторії навчання, з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів і зменшення часу проходження індивідуальної траєкторії навчання. Вдосконалено модель пірамідального тестування, яку

реалізовано у вигляді плагіну для системи дистанційного навчання MOODLE. На основі запропонованого методу і вдосконаленої моделі розроблено і програмно реалізовано алгоритм адаптивного тестування. В результаті експериментальних досліджень підтверджено, що час виконання адаптивних тестів скорочується приблизно на 25%.

5. Розроблено нечітку модель формування індивідуальної траєкторії навчання і визначення часу її проходження для розширення онтології навчального фрагменту шляхом введення нечіткого критерію складності навчального фрагменту і нормативного часу його вивчення для підбору навчальних фрагментів з раціональною складністю і мінімальним часом вивчення. Реалізація моделі на редакторі онтологій Protégé показала, що при цьому суттєво розширюється онтологія навчального фрагменту.

6. Розроблено нечітку модель комп'ютерного адаптивного тестування для зміни складності наступних блоків тестових питань та визначення рівня знань студентів. Її програмна реалізація на MatLab показала, що дана модель, порівняно з існуючими моделями тестування, дозволяє зменшити час тестування і мотивувати студента.

7. Розроблено модель формування набору навчальних фрагментів з врахуванням рівня знань студентів та складності навчальних фрагментів. Її програмна реалізація на основі пакету SCORM дала можливість трансформувати систему дистанційного навчання MOODLE в категорію адаптивних систем.

8. Проведено статистичну оцінку розробленої інформаційної технології та виконано її порівняння з відомими аналогами, що підтвердило достовірність отриманих результатів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аванесов В. С. Применение заданий в тестовой форме в новых образовательных технологиях / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – 2006. - № 4. – С.16-29.
2. Аванесов В.С. Теория и методика педагогических измерений (материалы публикаций). – М.: Подготовлено ЦТ и МКО УГТУ-УПИ, 2005. – 98 с.
3. Андреев А. А. Дистанционное обучение: сущность, технология, организация / А. А. Андреев, В. И. Солдаткин. – М.: Изд-во МЭСИ, 2000. – 350 с.
4. Анисимов А. М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle. Учебное пособие [Электронный ресурс] : / А. М. Анисимов. – Харьков, ХНАГХ, 2008. – 275 с. – Режим доступа : [http://eprints.kname.edu.ua/9889/1/Анисимов\\_Работа\\_в\\_Moodle.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/9889/1/Анисимов_Работа_в_Moodle.pdf). – Назва з екрана.
5. Архипова В. В. Взаимосвязь образовательных и информационных технологий / В. В. Архипова // Открытое образования. – 2006. – №5. – С. 68-71.
6. Асаки К. Прикладные нечеткие системы / К., Асаки Д. Ватада, С. Иваи и др. Пер. с япон.; под ред. Тэрано Т., Сугэно М. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
7. Басюк Т. М. Аналіз та класифікація програмних засобів тестування знань / Т. М. Басюк, В. В. Павелко // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» Серія: комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2010. – № 686. – С. 213–217.
8. Батешов Е. А. Основы технологизации компьютерного тестирования: Учебное пособие / Е. А. Батешов. – Астана: ТОО «Полиграф-мир», 2011. – 241 с.
9. Биков В. Ю. Технологія розробки дистанційного курсу: Навчальний посібник / В. Ю. Биков, В. М. Кухаренко, Н. Г. Сиротенко та ін. ; за ред. В. Ю. Бикова та В. М. Кухаренка. – К.: Міленіум, 2008. – 324 с.
10. Борисовська Ю. О. Аналіз сучасних платформ дистанційного навчання / Ю.

- О. Борисовська, О. С. Козлова, О. А. Лисенко // Вісник Херсонського державного технічного університету. – 2010. – № 2 (38). – С. 491–496.
11. Васильків Н.М. Нечітка система розподілу завдань для тестування студентів / Н.М. Васильків, Л.О. Дубчак, Т.В. Лендюк, І.В. Турченко // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. Том 7, Випуск 2. – Чернівці: ЧНУ, 2016. – С. 20-24.
  12. Вишневіська В. М. Система адаптивного навчання на принципах нечіткої логіки [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / Вишневіська Віолета Михайлівна ; Одеський національний політехнічний ун-т. – О., 2007. – 19 с.
  13. Гагарін О. О. Дослідження і аналіз методів та моделей інтелектуальних систем безперервного навчання / О. О. Гагарін, С. В. Титенко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2007. – № 6(56). – С. 37-48.
  14. Гайша О. О. Сучасна дистанційна освіта: технології, засоби та забезпечення / О. О. Гайша // Проблеми освіти: наук.-метод. зб. / Кол. авт. – К.: Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, 2007. – Вип. 50. – С. 25-30.
  15. Гданский Н. И. Адаптивные методы тестирования знания при компьютерных формах обучения: монография / Н. И. Гданский, Д. Ю. Альтиментова. – М.: Издательство РГСУ, 2015. – 220 с.
  16. Глибовець М. М. Роль стандартів у системах електронного навчання / М. М. Глибовець // Наукові праці державного гуманітарного університету ім. П. Могили. Серія: Комп'ютерні технології. – 2011. Випуск 148. – Том 160. – С. 122-129.
  17. Гогунський В. Д. Основні напрямки розвитку систем комп'ютерного тестування / В. Д. Гогунський, О. Є. Яковенко, В. В. Хмельницький // Современные информационные и электронные технологии : труды 6-й междунар. Научно-практической конференции. – Одеса, 2005. – С. 136–142.
  18. Гурковський В. Концептуально-методологічні аспекти державної наукової

- політики в контексті розвитку інформаційного суспільства [Електронний ресурс] : / В. Гурковський // Демократичне врядування. Науковий вісник. – 2010. – Вип. 5. – Режим доступу до журн. : [http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/DeVr/2010\\_5/fail/Gurkov.pdf](http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/DeVr/2010_5/fail/Gurkov.pdf). – Назва з екрана.
19. Гурч Л. Мобільність студентів та професорсько-викладацького складу як фактор підвищення конкурентоспроможності вищої освіти України в європейському просторі [Електронний ресурс] : / Л. Гурч // Персонал. – 2005. – №7. – С. 80-86. – Режим доступу до журн. : <http://www.personal.in.ua/article.php?ida=53>. – Назва з екрана.
  20. Дікова-Фаворська О. М. Креативний метод освіти осіб з обмеженими функціональними обмеженнями здоров'я / О. М. Дікова-Фаворська // Сучасні суспільні проблеми у вимірі соціології управління : зб. наук. праць ДонДУУ. – Т. X. – Вип.116. «Соціологія державного управління». Серія «Спеціальні та галузеві соціології». – Донецьк : ДонДУУ, 2009. – 324 с.
  21. Дуплик С. В. Модели педагогического тестирования / С. В. Дуплик // Образовательные технологии. – 2012. – № 4. – С. 125-134.
  22. Ефремова Н. Ф. Тестовый контроль в образовании. Учеб. пособие / Н. Ф. Ефремова. – М.: Университетская книга. Логос, 2007. – 386 с.
  23. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
  24. Зайцева, Л. В. Модели и методы адаптивного контроля знаний / Л. В. Зайцева, Н. О. Прокофьева // Educational Technology & Society. – Nr. 7(4), 2004 ISSN 1436-4522 (Международный электронный журнал) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/v7\\_i4/html/1.htm](http://ifets.ieee.org/russian/depository/v7_i4/html/1.htm). – С. 265-277.
  25. Закон України «Про вищу освіту» від 1 липня 2014 року N 1556-18, Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2014, 37-38, ст. 2004.
  26. Закон України «Про освіту» від 23.05.1991 № 1060-XII. – Відомості Верховної Ради УРСР, 1991. – № 34. – ст.451.
  27. Звіт про науково-дослідну роботу «Застосування методів та засобів

- інтелектуального аналізу даних в складі ризико-орієнтованої системи адміністрування податків» (заключний звіт) / Номер держреєстрації 0109U000115. – Державна податкова служба України, Національний університет державної податкової служби України, Науково-дослідний центр з проблем оподаткування (НДЦ ПО). – Ірпінь, 252 с.
28. Инновационные технологии контроля знания студентов в высших учебных заведениях / Е. Г. Холод, Л. Н. Савчук, Н. О. Ризун, Л. И. Ярмоленко. // Вестник ХГТУ №1 (7), 2000.
  29. Касьянов В. Н. Методы и средства адаптивной гипермедиа / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Вычислительные технологии. – 2004. – Т.9. Часть 2. – С. 333-341.
  30. Ким В. С. Тестирование учебных достижений / В. С. Ким. – Уссурийск : Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.
  31. Коваль В. С. Проектна архітектура інформаційного порталу дистанційного навчання засобами семантичного вебу / В. С. Коваль, Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 3(39). – С. 128-136.
  32. Коваль В. С. Система дистанційного навчання як інформаційний портал в середовищі семантичного Вебу / В. С. Коваль, Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали II Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2012. – Тернопіль: ТНЕУ, 2012. – С. 179-180.
  33. Ковальчук К. Ф. Оцінка ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій / К. Ф. Ковальчук, Л. М. Бандоріна, Л. М. Савчук. – Донецьк: ІМА-прес, 2007. – 132 с.
  34. Компьютерная программа тестирования знаний OpenTEST 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.opentest.com.ua>.
  35. Кондратенко Ю. П. Програмний комплекс для автоматизованого тестування знань студентів / Ю. П. Кондратенко, С. О. Волкова. // Технічні вісті. – 2006. – № 1(22), 2(23) – С. 32–36.

36. Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні (затверджено Постановою МОН України 20 грудня 2000 р.) [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://www.osvita.org.ua/distance/pravo/00.html>. – Назва з екрана.
37. Крокер Л. Введение в классическую и современную теорию тестов : учеб. / Л. Крокер, Дж. Алгина., пер. с англ. И. Н. Найденовой, В. Н. Симкина, М. Б. Чельшковой / под. общ. ред. В. И. Звонникова, М. Б. Чельшковой. – М.: Логос, 2010. – 668 с.
38. Кут В.І. Інформаційні технології систем дистанційного навчання осіб з особливими потребами. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.13.06 – інформаційні технології / В.І. Кут – Тернопіль, 2013. – 22 с.
39. Кухаренко В. М. Дистанційне навчання: Умови застосування. Дистанційний курс: Навчальний посібник. 3-є вид. / В. М. Кухаренко, О. В. Рибалко, Н. Г. Сиротенко та ін. ; за ред. В. М. Кухаренка. – Харків: НТУ «ХПШ», «Торсінг», 2002. – 320 с.
40. Кухаренко В. М. Навчально-методичний комплекс підготовки викладача дистанційного навчання [Електронний ресурс] : В. М. Кухаренко / Інформаційні технології і засоби навчання: електронне наукове фахове видання. – 2007. – № 3. – Режим доступу до журн. : <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/ITZN/em3/content/07kvmldo.htm>. – Назва з екрана.
41. Кучер А. В. Архитектура системы построения индивидуальной траектории обучения, базирующейся на образовательном стандарте / А. В. Кучер, В. В. Сокол, Н. С. Лесная, А. В. Бочаров // Вестник ХНТУ. – 2010. – №2(38). – С. 472-476.
42. Лендюк Т. В. Формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням знання-орієнтованого і нечіткого підходів / Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа, С. І. Саченко // Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи [матеріали XV Міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 4–8 липня 2016 року], С. 279-283.

43. Лендюк Т.В. Знание-ориентированная информационная технология для построения системы адаптированного обучения / Т.В. Лендюк // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2015. – № 5. – С. 16-21.
44. Лендюк Т.В. Інформаційна технологія формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів / Т.В. Лендюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – № 3 (56). – С. 213-221.
45. Лендюк Т.В. Нечітка модель формування індивідуальної траєкторії навчання та побудова онтології на її основі / Т.В. Лендюк, Н.М. Васильків // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2017. – Том 7. – № 1-2. – С. 103-112.
46. Лендюк Т. В. Адаптивне навчання та нечітка логіка при побудові індивідуальної траєкторії навчання // Т. В. Лендюк // Електронне наукове фахове видання «Глобальні та національні проблеми економіки». Липень 2015. – випуск № 6. – С. 959-964.
47. Лендюк Т. В. Використання нечіткої логіки для формування індивідуальної траєкторії навчання / Т. В. Лендюк // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Українська наука: проблеми сьогодення та перспективи розвитку», Київ, 24-25.07.2015. – С. 44-47.
48. Лендюк Т. В. Використання проектного менеджменту в освіті та дистанційному навчанні / Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці та бізнесі», тези IV міжнародної науково-практичної конференції, (Ірпінь, травень 2003 р.). – С. 586-588.
49. Лендюк Т. В. Знання-орієнтований підхід до побудови індивідуальної траєкторії навчання / Т. В. Лендюк, С. І. Саченко // Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті : [матеріали XIV міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 29 червня – 3 липня 2015 року], С. 198-202.



50. Лендюк Т. В. Моделювання комп'ютерного адаптивного навчання і тестування / Т. В. Лендюк // Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник. – Одеса, 2013. – Вип. 1(40). – С. 110-115.
51. Лендюк Т. В. Оптимізація ресурсних і якісних обмежень в управлінні освітніми проектами / Т. В. Лендюк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2010. – №4, Т.1. – С. 60-68.
52. Лукін В. Є. Сутність та перспективи розвитку освітнього простору дистанційного навчання / В. Є. Лукін. – с. 25-30. Проблеми освіти: наук.-метод. зб. / Кол. авт. – К.: Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, 2007. – Вип. 50. – С. 30-35.
53. Майборода С. Дистанційне навчання як інноваційний процес у галузі вищої освіти / С. Майборода, О. Майборода // Проблеми освіти: наук.-метод. зб. / Кол. авт. – К.: Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, 2007. – Вип. 50. – С. 14-19.
54. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования) / А. Н. Майоров // М., «Интеллект-центр», 2001. – 296 с.
55. Мартьянов М. П. Роль людського капіталу в процесі формування економіки знань та інформаційного суспільства в Україні / М. П. Мартьянов, Л. С. Філатова // Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму. – 2010. – № 1 (3). – Том 2. – С. 215-219.
56. Мельник А. В. Інформаційна технологія автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Мельник Андрій Миколайович ; Терноп. нац. екон. ун-т. – Т., 2012. – 20 с.
57. Михаленко П. Язык онтологий в Web [Електронний ресурс] / П. Михаленко // Открытые системы. – 2004. – № 2. – С. 85-89. – Режим доступа : <http://www.osp.ru/os/2004/02/183921/>.
58. Мігалуш А. О. Дистанційна освіта для людей з особливими потребами:

- проблеми та шляхи їх подолання / А. О. Мігалуш // Вісник національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут": Філософія. Психологія. Педагогіка. – 2007. – №2. – С. 118-121.
59. Моделювання навчальних систем / Ю. Рашкевич, Д. Пелешко, М. Пасека, А. Стецюк // Технічні вісті № 1(14), 2(15), 2002. – С. 55–62.
60. Моргун Н. Д. Телекомунікаційні технології у навчальному процесі філіалу університету / Н. Д. Моргун, В. П. Ткаченко // Проблеми освіти: наук.-метод. зб. / Кол. авт. – К.: Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, 2008. – Вип. 55. – С. 3-7.
61. Наказ № 466 від 25.04.2013 Міністерства освіти і науки України «Про затвердження Положення про дистанційне навчання», Офіційний вісник України від 24.05.2013 р., № 36, стор. 202, стаття 1288, , код акту 67051/2013.
62. Новіков Ю. Л. Інформаційна технологія створення дистанційних Інтернет систем навчання [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Новіков Юрій Леонідович ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". – К., 2013. – 23 с.
63. Паращенко Л. І. Тестові технології у навчальному закладі: Метод. посібник / Л. І. Паращенко, В. Д. Леонський, Г. І. Леонська; Наук. ред. О.І. Ляшенко. – К.: ТОВ «Майстерня книги», 2006. – 217 с.
64. Песин Л. А. Гибкая поддержка метаданных учебных объектов, опыт системы ALE / Л. А. Песин, М. Шпехт // Educational Technology & Society. – 2003. – 6(4). – С. 186-193.
65. Попов Д. И. Способ оценки знаний в дистанционном обучении на основе нечетких отношений / Д. И. Попов // Дистанционное образование. – 2000. – № 6. – С. 26-29.
66. Преподавание в сети Интернет : Учеб. пособие для студентов вузов по пед. специальностям / А. А. Андреев, С. Л. Каплан, В. Г. Кинелев и др. ; отв. ред. В. И. Солдаткин ; Некоммер. партнерство «Открытый ун-т» ; Рос. гос. ин-т открытого образования. – М. : Высш. шк., 2003. – 790 с.
67. Проміжний звіт НДР за темою «Створення віртуальної бібліотеки для

- системи електронної освіти, дистанційного навчання, перепідготовки і підвищення кваліфікації працівників ДПС України» номер державної реєстрації 0102U005744. – Державна податкова адміністрація України, академія державної податкової служби України, науково-дослідний центр з проблем оподаткування, Ірпінь. – 2002. – 225 с.
68. Ріппа С. П. Інформаційно-комунікаційні технології як фактор глобалізації освіти / С. П. Ріппа, Т. В. Лендюк // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці», 23-24 квітня 2009 року, Частина 2, Ірпінь 2009. – С. 158-161.
69. Ріппа С. П. Інформаційно-комунікаційні технології як фактор глобалізації освіти / С. П. Ріппа, Т. В. Лендюк // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці», 23-24 квітня 2009 року, Частина 2, Ірпінь 2009. – С. 158-161.
70. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Телеком, 2006. – 382 с.
71. Самылкина Н. Н. Современные средства оценивания результатов обучения / Н. Н. Самылкина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 172 с.
72. Сидорко Н. Л. Роль інвестицій у формуванні людського капіталу (методологічний аспект) [Електронний ресурс] : / Н. Л. Сидорко // Бізнес-Навігатор: Науково-виробничий журнал. – 2010. – №2. – Режим доступу до журн.:  
[http://www.nbu.gov.ua/portal/soc\\_gum/biznes/2010\\_2/2010/02/100211.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/biznes/2010_2/2010/02/100211.pdf)
73. Система высшего образования и образовательные стандарты в Украине: аналитический доклад / Левковский К. М., Морозова Т. Ю., Петренко В. Л. и др. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – 96 с.
74. Сметанюк Л. В. К теории и практике использования адаптивных тестов / Л. В. Сметанюк, Г. М. Кравцов // Информационные технологии в образовании. – 2009. – № 3. – С. 148-155.
75. Снитюк В. Е. Элементы знаниеориентированных систем профессиональной

- підготовки адаптивного типу / В. Е. Снитюк, К. Н. Юрченко // Херсон: Вестник ХНТУ. – 2010. – № 2(38). – С. 180-186.
76. Соловов А. В. Технологические средства электронного обучения [Электронный ресурс] : / А. В. Соловов. – Режим доступа : <http://www.ict.edu.ru/ft/005650/62327e1-st14.pdf>.
77. Теорія та практика змішаного навчання : монографія / В. М. Кухаренко, С. М. Березенська, К. Л. Бугайчук, Н. Ю. Олійник, Т. О. Олійник, О. В. Рибалко, Н. Г. Сиротенко, А. Л. Столяревська; за ред. В. М. Кухаренка – Харків: «Міськдрук», НТУ «ХПІ», 2016. – 284 с.
78. Титенко С. В. Генерація тестових завдань у системі дистанційного навчання на основі моделі формалізації дидактичного тексту / С. В. Титенко // Наукові вісті Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут". – 2009. – № 1(63). – С. 47–57.
79. Томашевський В. М. Моделі процесів адаптивного навчання / В. М. Томашевський, Ю. Л. Новіков, П. А. Каменська // Наукові праці. Комп'ютерні технології. – 2010. – Випуск 121. – Том 134. – С. 36-50.
80. Тузовский А. Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А. Ф. Тузовский, С. В. Чириков, В. З. Ямпольский ; под общ. ред. В. З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
81. Федорук П. І. Методологія організації процесу індивідуалізованого навчання із використанням адаптивної системи дистанційного навчання та контролю знань EDUPRO / П. І. Федорук // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С. 28-34.
82. Федорук П. І. Модель адаптивного тестування з нечіткою логікою / П. І. Федорук, С. М. Масловський // Математичні машини і системи. – 2009. – № 1. – С. 131-137.
83. Харченко С. Я. Соціально-педагогічні технології : [навч.-метод. посіб. для студ. вищих навч. закладів] / С. Я. Харченко, Н. П. Краснова, Л. П. Харченко. – Луганськ : Альма-матер, 2005. – 552 с.
84. Холзнер С. XSLT библиотека программиста / С. Холзнер. – СПб. : Питер,

2002. – 544 с.
85. Чайковський М. Є. Досвід впровадження інклюзивного навчання в університеті "Україна" [Електронний ресурс] / М. Є. Чайковський // Збірник наукових праць Хмельницького інституту соціальних технологій Університету "Україна". - 2010. - № 2. - С. 8-11. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist\\_2010\\_2\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist_2010_2_3)
  86. Чельшкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие / М. Б. Чельшкова. – М: Логос, 2002. – 432 с.
  87. Швець Є. Я. Методологічні і психологічні результати по використанню комп'ютерних технологій навчання і контролю знань / Є. Я. Швець, С. Л. Шмалій. // Вестник ХГТУ. – 2002. – №1 (14).
  88. Шевцов А. Г. До проблеми запровадження модульної та відкритої систем освіти у навчанні студентів із фізичними вадами [Електронний ресурс] / А. Г. Шевцов // Комп'ютерні технології та вища освіта людей з особливими потребами: Дистанційне навчання в системі соціально-трудової реабілітації. Збірник наук. доп. і ст. / Уклад. Л. В. Коваленко. – К.: Вища шк., 2002. – 255 с. – Режим доступу : <http://library.rehab.org.ua/ukrainian/psicho/shevtsov>.
  89. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д.Штовба [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/>
  90. Штовба С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным / С.Д. Штовба // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №4. – С. 102-114.
  91. Шуневич Б.І. Дистанційне навчання в системі вищої освіти Європи та Північної Америки: Монографія. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 365 с.
  92. Шуневич Б. И. Обзор дистанционных курсов основных центров дистанционного обучения на Украине [Електронний ресурс] / Б. И. Шуневич // Educational Technology & Society. – 2003. – 6(1). – С. 171-180. – Режим доступу : [http://ifets.ieee.org/russian/depository/v6\\_i1/html/s4.html](http://ifets.ieee.org/russian/depository/v6_i1/html/s4.html).

93. Юрков Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы : моногр. / Н. К. Юрков. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.
94. Яковенко О. Є. Наукові основи контролю знань при реалізації кредитно-модульної системи навчання / О. Є. Яковенко, В. Д. Гогунський, В. М. Тонконогий // Високі технології в машинобудуванні : збірник наукових праць – Харків : ХНТУ «ХП», 2005. – Вип. 2 (11). – С. 447–450.
95. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Fifth edition. – Project Management Institute, 2013. – 589 p.
96. Aajli A. A new approach of learning hierarchy construction based on fuzzy logic / A. Aajli, K. Afdel // International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 10 (Part – 3), 2014, pp. 58-66.
97. Advanced Distributed learning – <https://www.adlnet.gov/>
98. Bai S.-M. Automatically constructing grade membership functions of fuzzy rules for students' evaluation / S.-M. Bai, S.-M. Chen // Expert Systems with Applications. – 2008. – Vol. 35. – pp. 1408-1414.
99. Birnbaum A. On the estimation of mental ability (Series Report No. 15. Project No. 7755-23) / A. Birnbaum. – Randolph Air Force Base TX: USAF School of Aviation Medicine, 1958.
100. Bock R. D. Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm / R. D. Bock, M. Aitken // Psychometrika. – 1986. – No. 46. – pp. 443-459.
101. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia: From intelligent tutoring systems to web-based education (invited talk) / P. Brusilovsky // in Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2000), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin/Heidelberg, Vol. 1839, 2000, pp. 1-7.
102. Brusilovsky P. Domain, Task, and User Models for an Adaptive Hypermedia Performance Support System / P. Brusilovsky, D. W. Cooper // In: Y. Gil, and D. B. Leake, (eds.) // in Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interfaces, San Francisco, CA, ACM Press, 2002. – pp. 23-30.
103. Chen C.-M. Personalized e-Learning System Using Item Response Theory / Chih-

- Ming Chen, Hahn-Ming Lee, Ya-Hui Chen // *Computers & Education*. – 2005. – No. 44. – pp. 237-255.
104. De Bra P. Adaptive hypermedia on the web: methods, techniques and applications / P. De Bra // *Proceedings of the AACE WebNet'98 Conference, Orlando*. – 1998. – pp. 220-225.
105. Elliott D. An Architecture for Life-long User Modelling [Электронный ресурс] / Desmond Elliott, Frank Hopfgartner, Teerapong Leelanupab, Yashar Moshfeghi, Joemon M. Jose // 2009. – Режим доступа : <http://www.dcs.gla.ac.uk/~delliott/lum2009.pdf>.
106. Fikes R. Multi-use ontologies [Электронный ресурс] : / R. Fikes // *Stanford University*, 1998, – Режим доступа до журн. : <http://www.ksl.stanford.edu/people/fikes/cs222/1998/Ontologies/sld015.htm>. – Назва з екрана.
107. García-Cerdaña À. Fuzzy Description Logics and t-norm based fuzzy logics / À. García-Cerdaña, E. Armengol, F. Esteva // *International Journal of Approximate Reasoning*. – 2010. – Vol. 51. – pp. 632-655.
108. Gokmen G. Evaluation of Student Performance in Laboratory Applications Using Fuzzy Logic / G. Gokmen, T. C. Akinci, M. Tektas, N. Onat. G. Kocyigit, N. Tektas // *Procedia Social and Behavioral Science*. – 2010. – Vol. 2. – Issue 2. – pp. 902-909.
109. Graf S. An evaluation of Open Source E-Learning Platforms Stressing Adaptation Issues / S. Graf & B. List // *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2005*. – pp. 163-165.
110. Gruber T. R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing / Thomas R. Gruber // *International Journal Human-Computer Studies*, Vol. 43, Issue 5-6, Nov./Dec. 1995, pp. 907-928.
111. Hambleton R. K. Item Response Theory: A Broad Psychometric Framework for Measurement Advances / R. K. Hambleton // *Psicothema*. –1994. – Vol. 6. – No. 3. – pp. 535-556.
112. Heflin J. A Portrait of the Semantic Web in Action / J. Heflin, J. Hendler // *IEEE*

- Intelligent Systems. – vol. 16. – No. 2. – March/April 2001. – pp. 54-59.
113. Hendler J. Agents and the Semantic Web / James Hendler // IEEE Intelligent Systems. – March/April 2001. – pp. 30-37.
114. IMS Global Learning Consortium – [www.imsglobal.org/content/packaging/](http://www.imsglobal.org/content/packaging/)
115. Karampiperis P. Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems / P. Karampiperis & D. Sampson // Educational Technology & Society. – Vol. 8. – Issue 4. – 2005. – pp. 128-147.
116. Kukharenko V. Massive Open Online Courses in Ukraine / V. Kukharenko // Proceedings of the 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2013), 12-14 September 2013, Berlin, Germany, pp. 760-763.
117. Lendyuk T. Fuzzy Rules for Tests Complexity Changing for Individual Learning Path Construction / T. Lendyuk, S. Sachenko, S. Rippa, G. Sapojnyk // Proceedings of 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015 (SCOPUS), Warsaw, Poland, 24-26 September 2015. – pp. 945-948.
118. Lendyuk T. Individual Learning Path Building on Knowledge-based Approach / T. Lendyuk, A. Melnyk, S. Rippa, I. Golyash, S. Shandruk // Proceedings of 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015 (SCOPUS), Warsaw, Poland, 24-26 September 2015. – pp. 949-954.
119. Lendyuk T. Information Portal of E-Learning System in Semantic Web Environment / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, Prague, Czech Republic, 15-17 September 2011. – pp. 637-641.
120. Lendyuk T. Models of Project Resources Using / T. Lendyuk, R. Pasichnyk, S. Rippa, S. Voznyak // Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2005, Sofia, Bulgaria, September 5-7, 2005. – pp. 717-722.



121. Lendyuk T. Optimization of Resource and Qualitative Limitations in Management of Education Projects / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2009, Rende, Italy, September 21-23, 2009. – pp. 591-596.
122. Lendyuk T. Project Management Using in Distance Education / T. Lendyuk, S. Rippa, E. Strime // Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2003, Lviv, Ukraine, September 8-10, 2003. – pp. 503-507.
123. Lendyuk T. Simulation of Computer Adaptive Learning and Improved Algorithm of Pyramidal Testing / T. Lendyuk, S. Rippa, S. Sachenko // Proceedings of 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, 12-14 September 2013, Berlin, Germany. – pp. 764-769.
124. Limongelli C. Configuration of Personalized e-Learning Courses in Moodle / C. Limongelli, G. Sampietro, M. Temperini // EUROCON 2007 The International Conference on «Computer as a Tool», Warsaw, September 9-12, 2007, pp. 2680-2686.
125. Lord F. M. Application of item response theory to practical testing problems / F. M. Lord. – Hillsdale N.-Y., Lawrence Erlbaum Ass., Publ., 1980. – 266 p.
126. Lukasiewicz T. Description logic programs under probabilistic uncertainty and fuzzy vagueness / T. Lukasiewicz, U. Straccia // International Journal of Approximate Reasoning. – 2009. – Vol. 50. – pp. 837-853.
127. Maslovskyi S. Adaptive Test System of Student Knowledge Based on Neural Networks / S. Maslovskyi, A. Sachenko // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015), Warsaw, Poland, 24-26 September 2015, pp. 940-944.
128. Noy N. F. Ontology Development 101: A guide to creating your first ontology [Електронний ресурс] : / N. F. Noy, D. L. McGuinness // Stanford Knowledge

- Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880. March 2001. – Режим доступа : <http://www-ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf>. – Назва з екрана.
129. Ohler J. The Semantic Web in Education / J. Ohler // *EDUCAUSE Quarterly*. – 2008. – vol. 31. – No. 4. – pp. 7-9.
130. Owen R. J. A Bayesian approach to tailored testing / R. J. Owen // *Research Bulletin* // Princeton NJ: Educational Testing Service. – 1969. – pp. 69-92.
131. Qu C. Towards Interoperability and Reusability of Learning Resource: a SCORM conformant Courseware for Computer Science Education [Электронный ресурс] : / C. Qu, W. Nejdil // *Proceeding of the ICALT 2002 Conference, Kazan*. – Режим доступа : <http://www.kbs.uni-hannover.de/Arbeiten/Publikationen/2002/icalt24.pdf>. – Назва з екрана.
132. Rash G. Probabilistic Model for Some Intelligence and Attainment Tests / Rash G. – Chicago: Univ. of Chicago Press, 1980.
133. Rippa S. Selection of Alternative Projects Using Data Mining / S. Rippa, T. Lendyuk // *Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2007, Dortmund, Germany, September 6-8, 2007*. – pp. 550-554.
134. Ross T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications / T. J. Ross. – McGraw-Hill Inc., 1995. – 600 p.
135. Saleh I. A fuzzy system for evaluating students' learning achievement / Ibrahim Saleh, Seong-in Kim // *Expert Systems with Applications*. – 2009. – Vol. 36. – pp. 6236-6243.
136. Samejima F. Estimation of latent ability using a pattern of graded scores / F. Samejima // *Series Title: Psychometrika monograph supplement, no. 17. Psychometrika*. – 1969. – Vol. 34. – No. 4, pt. 2, 100 pages.
137. Sharable Content Object Reference Model SCORM 3rd Edition, Advanced Distributed Learning [Электронный ресурс] : – 2007. – Режим доступа :

- <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm>. – Назва з екрана.
138. Sosteric M. When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects [Електронний ресурс] / M. Sosteric and S. Hessemeyer // The International Review of Research in Open and Distance Learning, Canada. – Vol. 2. – No. 3. – 2002. – Режим доступу : <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/106/185>.
139. Standard for Learning Object Metadata [Електронний ресурс] ; Piscataway, NJ, 2002. – р. 44. – Режим доступу : [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf).
140. Stone E. Computer-Adaptive Testing for Students With Disabilities: A Review of the Literature / E. Stone, T. Davey. – ETS, Princeton, New Jersey. [files.eric.ed.gov/fulltext/ED523689.pdf](http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED523689.pdf)
141. Szentes D. Enhanced test evaluation for web based adaptive learning paths / D. Szentes, B.-A. Bargel, A. Streicher, W. Roller // in Proceedings of the 7th International Conference on Next Generation Web Services Practices, NWeSP, Salamanca, Spain, 19-21 October 2011, pp. 352-356.
142. Voskoglou M. Gr. Fuzzy Methods for Student Assessment / M. Gr. Voskoglou, I. Ya. Subbotin // International Journal of Education and Information Technology. – 2015. – Vol. 1. – No. 1. – pp. 20-28.
143. Wald A. Sequential Analysis / A. Wald. – New York: John Wiley and Sons, Inc., 1947. 212 pp.
144. Weiss D. J. Application of computerized adaptive testing to educational problems / D. J. Weiss, G. G. Kingsbury // Journal of Educational Measurement. – 1984. –No. 21. – pp. 361-375.
145. Weiss D. J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education / D. J. Weiss // Measurement and Evaluation in Counseling and Development. – July 2004. – Volume 37. – pp. 70-84.
146. Weiss D. J. Strategies of Adaptive Ability Measurement / D. J. Weiss // Psychometric Methods Program, Department of Psychology, University of

- Minnesota, Research Report 74-5, December 1974. – 91 p.
147. Welch R. E. Computerized Adaptive Testing in Instructional Settings / R. E. Welch, Th. W. Frick // Educational Technology Research and Development. – 1993. – Vol. 41. – No. 3. – pp. 47-62.
148. Zadeh L. A. Fuzzy Sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – No. 3. – pp. 338-353.
149. Zadeh L. A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility / L. A. Zadeh // Fuzzy Sets and Systems. – 1999. – Vol. 100. – No. supp. – pp. 3-28.

Додаток А  
Дистанційне навчання

Таблиця А.1 – Порівняльні характеристики інформаційних технологій в ДН

Технологія	Характеристики
Аудіовізуальні носії (друковані матеріали, аудіо-, відеокасети)	Низька комунікаційна інтерактивність Вартість залежить від кількості студентів Відома методика розробки матеріалів Висока довговічність
Комп'ютерне навчання Електронна пошта	Середній ступінь інтерактивності Найрозвиненіша інфраструктура Низька вартість
Відеоконференції по Internet в реальному часі	Високий ступінь інтерактивності Найрозвиненіша інфраструктура мережі Використання поширених платформ комп'ютерів Низька вартість
Відеоконференції по цифровому виділеному супутниковому каналу з використанням відеокомпресії	Високий ступінь інтерактивності Висока якість передачі зображення, Суттєве зниження вимог до пропускної здатності каналу порівняно з аналоговим телесигналом Висока вартість
Відеоконференції по аналоговому супутниковому каналу	Високий ступінь інтерактивності Максимальна якість передачі зображення з мінімальною затримкою передачі Висока вартість

Таблиця А.2 – Рівні розподілу навчального матеріалу в стандарті IEEE LOM

Рівні	Види діяльності
Перший рівень	Навчальна програма
Другий рівень	Курс
Третій рівень	Розділ курсу
Четвертий рівень	Тема
П'ятий рівень	Урок
Шостий рівень	Фрагмент

Таблиця А.3 – Елементи опису метаданих в Dublin Core

Назва	Назва дана ресурсу
Автор	Особа, відповідальна за зміст ресурсу
Тема	Тема змісту ресурсу
Опис	Інформація про зміст ресурсу
Видавець	Особа, відповідальна за доступ до ресурсу
Спонсор	Особа, відповідальна за вклад в зміст ресурсу
Дата	Дата, що асоціюється з подією в життєвому циклі ресурсу
Тип	Характер змісту ресурсів
Формат	Фізичне або цифрове представлення ресурсу
Ідентифікатор	Чітке посилання на ресурс в даному контексті
Джерело	Посилання на джерело, звідки отримано даний ресурс
Мова	Мова інтелектуального змісту ресурсу
Зв'язки	Зв'язки з пов'язаними ресурсами
Охоплення	Рамки або межі ресурсу
Права	Інформація про права на ресурс

## Додаток Б

## Перевід логітів у різні системи оцінювання

Логіти	Система оцінювання		
	5 бальна	12 бальна	100 бальна
-5	0	0	0
-4,5	0,25	0,6	5
-4	0,5	1,2	10
-3,5	0,75	1,8	15
-3	1	2,4	20
-2,5	1,25	3	25
-2	1,5	3,6	30
-1,5	1,75	4,2	35
-1	2	4,8	40
-0,5	2,25	5,4	45
0	2,5	6	50
0,5	2,75	6,6	55
1	3	7,2	60
1,5	3,25	7,8	65
2	3,5	8,4	70
2,5	3,75	9	75
3	4	9,6	80
3,5	4,25	10,2	85
4	4,5	10,8	90
4,5	4,75	11,4	95
5	5	12	100

## Додаток В

### Тексти програм у форматі XML

#### В.1. Текст програми у форматі XML у файлі students.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251"?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="student.xsl"?>
<STUDENTS>
  <STUDENT>
    <NAME>Іван Боднар</NAME>
    <GROUP>КСМ-22</GROUP>
    <SUBJECT>Системи управління базами даних</SUBJECT>
    <MODULE1 UNITS=" ">85</MODULE1>
    <MODULE2 UNITS=" ">86</MODULE2>
    <RESWORK UNITS=" ">90</RESWORK>
    <EXAM UNITS=" ">88</EXAM>
    <MARK UNITS=" ">87</MARK>
  </STUDENT>
  ...
</STUDENTS>
```



## В.2. Текст програми розширюваної мови таблиць стилів XSL у файлі students.xsl

```

<?xml version="1.0" encoding="windows-1251"?>
<xsl:stylesheet version="1.0"
xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform">
<xsl:template match="/STUDENTS">
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>
Оцінки студентів
</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<H3>
<center>
Оцінки студентів
</center>
</H3>
<center>
<TABLE BORDER="1">
<TR>
<TD><b>Прізвище</b></TD>
<TD><b>Група</b></TD>
<TD><b>Дисципліна</b></TD>
<TD><b>Модуль 1</b></TD>
<TD><b>Модуль 2</b></TD>
...
</TR>
<xsl:apply-templates/>
</TABLE>
</center>
</BODY>
</HTML>
</xsl:template>
<xsl:template match="STUDENT">
<TR>
<TD><xsl:value-of select="NAME"/></TD>
...
</TR>
</xsl:template>
<xsl:template match="MODULE1">
...
</xsl:template>
...
</xsl:stylesheet>

```

### В.3. Текст програми опису Веб-форми для групи у форматі XML

```

<?xml version="1.0" encoding="windows-1251"?>
<fo:root xmlns:fo="http://www.w3.org/1999/XSL/Format">
  <fo:layout-master-set>
    <fo:simple-page-master
      margin-right="25mm" margin-left="15mm"
      margin-bottom="20mm" margin-top="20mm"
      page-width="210mm" page-height="297mm"
      master-name="page">
      <fo:region-body
        margin-right="0mm" margin-left="0mm"
        margin-bottom="10mm" margin-top="0mm"/>
      <fo:region-after extent="10mm"/>
    </fo:simple-page-master>
  </fo:layout-master-set>
  <fo:page-sequence master-name="page">
    <fo:flow flow-name="xsl-region-body">
      <fo:block
        font-family="sans-serif" line-height="20pt"
        font-size="14t" font-weight="bold">
        Name: Іван Боднар
      </fo:block>
      <fo:block
        font-family="sans-serif" line-height="20pt"
        font-size="14">
        GROUP: CMS-22
      </fo:block>
      <fo:block
        font-family="sans-serif" line-height="20pt"
        font-size="14">
        SUBJECT: Системи управління базами даних
      </fo:block>
      <fo:block
        font-family="sans-serif" line-height="20pt"
        font-size="14">
        MODULE1: 85
      </fo:block>
      <fo:block
        font-family="sans-serif" line-height="20pt"
        font-size="14">
        ...
      </fo:block>
    </fo:flow>
  </fo:page-sequence>
</fo:root>

```



26. If (Рівень.знань.студента is B) and (Складність.навчального.фрагмента is HC) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is M)
27. If (Рівень.знань.студента is B) and (Складність.навчального.фрагмента is C) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is M)
28. If (Рівень.знань.студента is B) and (Складність.навчального.фрагмента is BC) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is C)
29. If (Рівень.знань.студента is B) and (Складність.навчального.фрагмента is B) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is C)
30. If (Рівень.знань.студента is B) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is C)
31. If (Складність.навчального.фрагмента is H) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is M)
32. If (Складність.навчального.фрагмента is HC) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is M)
33. If (Складність.навчального.фрагмента is C) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is C)
34. If (Складність.навчального.фрагмента is BC) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is C)
35. If (Складність.навчального.фрагмента is B) then (Час.вивчення.навчального.фрагмента is T)

## Додаток Д

Відповідність вхідних та вихідної змінних при проведенні нечіткого комп'ютерного адаптивного тестування

Таблиця Д.1 – Відповідність вхідних та вихідної змінних

Номер правила	Кількість правильних відповідей	Складність поточного блоку питань	Час затрачений на відповідь	Складність наступного блоку питань
1.	Н	Н	М	Н
2.	Н	Н	С	Н
3.	Н	Н	Т	Н
4.	Н	Н	Не визначено	Н
5.	Н	НС	М	Н
6.	Н	НС	С	Н
7.	Н	НС	Т	Н
8.	Н	НС	Не визначено	Н
9.	Н	С	М	НС
10.	Н	С	С	Н
11.	Н	С	Т	Н
12.	Н	С	Не визначено	Н
13.	Н	ВС	М	С
14.	Н	ВС	С	НС
15.	Н	ВС	Т	НС
16.	Н	ВС	Не визначено	НС
17.	Н	В	М	ВС
18.	Н	В	С	С
19.	Н	В	Т	С
20.	Н	В	Не визначено	С
21.	Н	Не визначено	М	С
22.	Н	Не визначено	С	С
23.	Н	Не визначено	Т	Н
24.	Н	Не визначено	Не визначено	НС
25.	МП	Н	М	Н
26.	МП	Н	С	Н
27.	МП	Н	Т	Н
28.	МП	Н	Не визначено	Н
29.	МП	НС	М	НС
30.	МП	НС	С	Н
31.	МП	НС	Т	Н
32.	МП	НС	Не визначено	Н
33.	МП	С	М	С
34.	МП	С	С	С
35.	МП	С	Т	С
36.	МП	С	Не визначено	С
37.	МП	ВС	М	С
38.	МП	ВС	С	С
39.	МП	ВС	Т	НС

Номер правила	Кількість правильних відповідей	Складність поточного блоку питань	Час затрачений на відповідь	Складність наступного блоку питань
40.	МП	BC	Не визначено	HC
41.	МП	B	M	BC
42.	МП	B	C	BC
43.	МП	B	T	C
44.	МП	B	Не визначено	C
45.	МП	Не визначено	M	C
46.	МП	Не визначено	C	HC
47.	МП	Не визначено	T	HC
48.	МП	Не визначено	Не визначено	HC
49.	БП	H	M	CC
50.	БП	H	C	HC
51.	БП	H	T	H
52.	БП	H	Не визначено	H
53.	БП	HC	M	C
54.	БП	HC	C	C
55.	БП	HC	T	HC
56.	БП	HC	Не визначено	HC
57.	БП	C	M	BC
58.	БП	C	C	BC
59.	БП	C	T	C
60.	БП	C	Не визначено	C
61.	БП	BC	M	H
62.	БП	BC	C	H
63.	БП	BC	T	H
64.	БП	BC	Не визначено	H
65.	БП	B	M	B
66.	БП	B	C	B
67.	БП	B	T	BC
68.	БП	B	Не визначено	BC
69.	БП	Не визначено	M	BC
70.	БП	Не визначено	C	C
71.	БП	Не визначено	T	HC
72.	БП	Не визначено	Не визначено	C
73.	B	H	M	C
74.	B	H	C	BC
75.	B	H	T	HC
76.	B	H	Не визначено	HC
77.	B	HC	M	HC
78.	B	HC	C	BC
79.	B	HC	T	C
80.	B	HC	Не визначено	C
81.	B	C	M	B
82.	B	C	C	BC
83.	B	C	T	BC
84.	B	C	Не визначено	BC
85.	B	BC	M	B
86.	B	BC	C	B

Номер правила	Кількість правильних відповідей	Складність поточного блоку питань	Час затрачений на відповідь	Складність наступного блоку питань
87.	В	ВС	Т	НС
88.	В	ВС	Не визначено	ВС
89.	В	В	М	ВС
90.	В	В	С	В
91.	В	В	Т	В
92.	В	В	Не визначено	В
93.	В	Не визначено	М	В
94.	В	Не визначено	С	В
95.	В	Не визначено	Т	ВС
96.	В	Не визначено	Не визначено	ВС
97.	Не визначено	Н	М	НС
98.	Не визначено	Н	С	Н
99.	Не визначено	Н	Т	Н
100.	Не визначено	Н	Не визначено	Н
101.	Не визначено	НС	М	НС
102.	Не визначено	НС	С	Н
103.	Не визначено	НС	Т	Н
104.	Не визначено	НС	Не визначено	НС
105.	Не визначено	С	М	С
106.	Не визначено	С	С	НС
107.	Не визначено	С	Т	НС
108.	Не визначено	С	Не визначено	НС
109.	Не визначено	ВС	М	ВС
110.	Не визначено	ВС	С	С
111.	Не визначено	ВС	Т	С
112.	Не визначено	ВС	Не визначено	С
113.	Не визначено	В	М	В
114.	Не визначено	В	С	ВС
115.	Не визначено	В	Т	ВС
116.	Не визначено	В	Не визначено	ВС
117.	Не визначено	Не визначено	М	С
118.	Не визначено	Не визначено	С	НС
119.	Не визначено	Не визначено	Т	Н











102. If (Складність.поточного.блоку is HC) and (Час.затрачений.на.відповідь is C) then (Складність.наступного.блоку.питань is H)
103. If (Складність.поточного.блоку is HC) and (Час.затрачений.на.відповідь is T) then (Складність.наступного.блоку.питань is H)
104. If (Складність.поточного.блоку is HC) then (Складність.наступного.блоку.питань is HC)
105. If (Складність.поточного.блоку is C) and (Час.затрачений.на.відповідь is M) then (Складність.наступного.блоку.питань is C)
106. If (Складність.поточного.блоку is C) and (Час.затрачений.на.відповідь is C) then (Складність.наступного.блоку.питань is HC)
107. If (Складність.поточного.блоку is C) and (Час.затрачений.на.відповідь is T) then (Складність.наступного.блоку.питань is HC)
108. If (Складність.поточного.блоку is C) then (Складність.наступного.блоку.питань is HC)
109. If (Складність.поточного.блоку is BC) and (Час.затрачений.на.відповідь is M) then (Складність.наступного.блоку.питань is BC)
110. If (Складність.поточного.блоку is BC) and (Час.затрачений.на.відповідь is C) then (Складність.наступного.блоку.питань is C)
111. If (Складність.поточного.блоку is BC) and (Час.затрачений.на.відповідь is T) then (Складність.наступного.блоку.питань is C)
112. If (Складність.поточного.блоку is BC) then (Складність.наступного.блоку.питань is C)
113. If (Складність.поточного.блоку is B) and (Час.затрачений.на.відповідь is M) then (Складність.наступного.блоку.питань is B)
114. If (Складність.поточного.блоку is B) and (Час.затрачений.на.відповідь is C) then (Складність.наступного.блоку.питань is BC)
115. If (Складність.поточного.блоку is B) and (Час.затрачений.на.відповідь is T) then (Складність.наступного.блоку.питань is BC)
116. If (Складність.поточного.блоку is B) then (Складність.наступного.блоку.питань is BC)
117. If (Час.затрачений.на.відповідь is M) then (Складність.наступного.блоку.питань is C)
118. If (Час.затрачений.на.відповідь is C) then (Складність.наступного.блоку.питань is HC)
119. If (Час.затрачений.на.відповідь is T) then (Складність.наступного.блоку.питань is H)

## Додаток Ж

### Результати роботи програми

АлП: лекція1-60 - Mozilla Firefox  
localhost/mod/scorm/player.php?a=2&currentorg=eXeaip14823:c63020844e7b3b2&scoid=18

Алгоритмізація і програмування

TNEU > АІП > SCORMs/AICCs > лекція1-60

You are logged in as Taras Lendyuk (Logout)

Exit activity Update this SCORM/AICC

Previous Continue Review Mode

Алгоритмізація і програмування: тема 1  
 Алгоритмізація і програмування: тема 1 (Score: 60)  
 1.1  
 2.1  
 3.1  
 test

**2.1**  
складність = 60

Слово «алгоритм» походить від algorithm - латинського написання імені аль-Хоразмі, під яким у середньовічній Європі знали видатного математика з Хорезму (місто в сучасному Узбекистані) Мухаммеда бен Мусу, що жив в 783-850 рр., який сформулював правила виконання 4 арифметичних дій над багатозначними числами.  
 Алгоритми - це кінцева послідовність однозначних розпоряджень, виконання яких дозволяє за допомогою кінцевого числа кроків отримати рішення завдання, однозначно визначається вихідними даними.

Moodle Docs for this page

Рисунок Ж.1 – Матеріал для вивчення для студента з рейтингом 60

АлП: лекція1-75 - Mozilla Firefox  
localhost/mod/scorm/player.php?a=3&currentorg=eXeaip14823:c63020844e7b3b2&scoid=31

Алгоритмізація і програмування

TNEU > АІП > SCORMs/AICCs > лекція1-75

You are logged in as Taras Lendyuk (Logout)

Exit activity Update this SCORM/AICC

Previous Continue Review Mode

Алгоритмізація і програмування: тема 1  
 Алгоритмізація і програмування: тема 1 (Score: 80)  
 1.1  
 1.2  
 2.1  
 2.2  
 3.1  
 3.2  
 test

**2.2**  
складність = 75

Властивості алгоритму:  
 1. Дискретність. Ця властивість полягає в тому, що алгоритм повинен представляти процес вирішення задачі як послідовність простих кроків. При цьому для виконання кожного кроку алгоритму потрібно деякий кінцевий відрізок часу, тобто перетворення вихідних даних у результат здійснюється в часі дискретно.  
 2. Визначеність. Кожна команда алгоритму повинна бути чіткою, однозначною і не залишати місця для неоднозначності.  
 3. Результативність. Алгоритм повинен призводити до вирішення поставленого завдання за кінцеве число кроків.  
 4. Масовість. Алгоритми вирішення завдання розробляються не для одного конкретного завдання, а для цілого класу однотипних завдань, що розрізняються лише вихідними даними.

Moodle Docs for this page

Рисунок Ж.2 – Матеріал для вивчення для студента з рейтингом 80

Алгоритмізація і програмування

You are logged in as Taras Lendyuk (Logout)

TNEU > АІП > SCORMs/AICCs > лекція1-90

Exit activity Update this SCORM/AICC

Previous Continue

Алгоритмізація і програмування: тема 1

Алгоритмізація і програмування: тема 1 (Score: 100)

- 1.1
- 1.2
- 1.3
- 2.1
- 2.2
- 2.3
- 3.1
- 3.2
- 3.3
- test

3.3  
складність = 90

Існують наступні способи запису алгоритму:

1. Словесно-формульний опис - це опис природною мовою із використанням математичних формул. Даний спосіб запису алгоритму складається з переліку дій (кроків), кожен з яких має порядковий номер. Алгоритм повинен виконуватися послідовно крок за кроком. Якщо в тексті алгоритму написано сперейти до кроку з номером L, то це означає, що виконання алгоритму продовжиться із зазначеного кроку з номером L. Словесний опис алгоритмів застосовують при вирішенні нелінійних завдань, але вони малопридатні для представлення складних алгоритмів через відсутність візуалізації.
2. Графічний опис у вигляді блок-схеми (набору пов'язаних між собою геометричних фігур). Для позначення кроків рішення у вигляді схеми алгоритму використовуються спеціальні позначення (символи).

Програма - це набір машинних команд, який слід виконати комп'ютера для реалізації того чи іншого алгоритму. Програма - це форма подання алгоритму для виконання його машиною.

Для перетворення програми, написаної на одній з мов високого рівня, в програму, що складається з машинних команд, використовується програма-перекладач, так званий транслятор (англ. translator - перекладач). Будь-транслятор вирішує наступні основні завдання:

- аналізує трансльовану програму, зокрема визначає, чи містить вона синтаксичні помилки;
- генерує вихідну програму (її часто називають об'єктною, або робочою) мовою машинних команд (в деяких випадках транслятор генерує вихідну програму на проміжній мові, наприклад, на мові асемблера);
- розподіляє пам'ять для об'єктної програми (у простому випадку це призначення кожному фрагменту програми, змінним, константам, масивам та іншим об'єктам адрес пам'яті).

Перекладачі реалізуються у вигляді компіляторів чи інтерпретаторів. З точки зору виконання роботи компілятор та інтерпретатор істотно розрізняються. Компілятор (англ. compiler - упорядник, збирач) читає всю програму цілком, робить її переклад і створює закінчений варіант програми на машинній мові, який потім і виконується.

Moodle Docs for this page

Рисунок Ж.3 – Матеріал для вивчення для студента з рейтингом 100

## Додаток И

Фрагменти програми модуля адаптивного навчання та тестування з  
використанням стандарту SCORM

```

<?php
session_start();
include("mysql.php");
include("config.php");
    // Дисципліна, яка вибрана при реєстрації

    $subj = $_GET['subj'];
    IF ($subj=='all subjects')
    {
        $subjid=0;
    }

    else
    {
        $subjid = mysql_query("SELECT id FROM articles_cat WHERE name_cat ='$subj'");
        $subjid = mysql_result ($subjid,0);
    }
    $_SESSION['qweSubj'] =$subj;
// встановлення обмежень для тестування по вибраній темі
IF ($subjid<>0)
{
    $subj_test_str='AND definition.Id_subject=';
    $subj_test=$subj_test_str. " " . $subjid;
    $subj_test_str_d='AND t2.Id_subject=';
    $subj_test_d=$subj_test_str_d. " " . $subjid;

    //$subj_test="";
}
else
{
    $subj_test="";
}
// кінець встановлення обмежень для тестування по вибраній темі
$max = mysql_query("SELECT id FROM definition WHERE pid=0 $subj_test ORDER BY
RAND() LIMIT 1" );
$max = mysql_result ($max,0);
$test = mysql_query ("SELECT * FROM definition WHERE definition.pid=0 AND id=$max
$subj_test");
?>
<html>
<title>Тестування</title>
<body background="/images/fon.jpg">
<center>
<h2>3генеровані тестові завдання</h2>
<?php
        echo "<h3> Дисципліна '" . $subj,'"</h3> ";
?>
<hr color=green WIDTH="50%" SIZE="5">
</center>
<form action="testresult.php" method="POST" target="_blank">
<ol>
<li> Чи вірне наступне твердження:
<strong>
<?php

```

```

    $max7err1 = mysql_query("SELECT id FROM definition WHERE pid=0 $subj_test ORDER BY
RAND() LIMIT 1" );
    $max7err1= mysql_result ($max7err1,0);
    $elem1=0;
// перевірка кількості елементів тесту
$countelem1 = mysql_query("SELECT COUNT(id) AS count FROM definition WHERE (id=$max7err1 OR
pid=$max7err1 ) $subj_test UNION SELECT count(t1.id) FROM definition t1 JOIN definition t2 ON t1.pid =
t2.id WHERE t2.pid = $max7err1 " );
while ($tes7count1 = mysql_fetch_array($countelem1))
    {
        $elem1=$elem1+$tes7count1['count'];
    }
while ($elem1<3)
    {
    $max7err1 = mysql_query("SELECT id FROM definition WHERE pid=0 $subj_test ORDER BY RAND() LIMIT
1" );
    $max7err1 = mysql_result ($max7err1,0);
    $elem1=0;
    $countelem1 = mysql_query("SELECT COUNT(id) AS count FROM definition WHERE (id=$max7err1 OR
pid=$max7err1 ) $subj_test UNION SELECT count(t1.id) FROM definition t1 JOIN definition t2 ON t1.pid =
t2.id WHERE t2.pid = $max7err1 " );
    while ($tes7count1 = mysql_fetch_array($countelem1))
        {
            $elem1=$elem1+$tes7count1['count'];
        }
    }
// кінець перевірки кількості навчальних фрагментів
$max7oper1= array('<>','=' );
$max7oper1 = $max7oper1[array_rand($max7oper1)];
$_SESSION['qwe1']=$max7oper1;
$test7err1= mysql_query ("SELECT * FROM definition WHERE (id=$max7err1 OR pid=$max7err1)
$subj_test");
while ($tes7err1 = mysql_fetch_array($test7err1))
    {
        echo $tes7err1['CS']," ", $tes7err1['CNJ']," ";
        IF ($tes7err1['id']>$tes7err1['id'-1])
            {
                $tesmax7err1=$tes7err1['id'];
            }
        $tc7err1=$tes7err1['CNJ'];
    }

$tc7err1=$tc7err1; $mc7err1 = mysql_query("SELECT cs FROM definition WHERE pid=0.1 $subj_test UNION
SELECT t1.cs
FROM definition t1 JOIN definition t2 ON t1.pid = t2.id WHERE t1.pid $max7oper1 $tesmax7err1 AND
t2.cnj='$tc7err1' $subj_test_d;")or die(mysql_error()); $tes127err1 = mysql_result ($mc7err1,0); echo
$tes127err1;
// кінець тесту
?></strong><br />
<input type="radio" value="1">Так<br>
<input type="radio" value="2">Hi<br>
</li>
<hr color=red WIDTH="80%" align="left">
<li><strong><?php
$max = mysql_query("SELECT id FROM definition WHERE pid=0 $subj_test ORDER BY RAND() LIMIT 1" );
$max = mysql_result ($max,0);
$elem2=0;
// перевірка кількості навчальних фрагментів
$countelem2 = mysql_query("SELECT COUNT(id) AS count FROM definition WHERE (id=$max OR pid=$max
) $subj_test UNION SELECT count(t1.id) FROM definition t1 JOIN definition t2 ON t1.pid = t2.id WHERE t2.pid
= $max $subj_test_d" );
$countelem = mysql_result ($countelem,1);

```



```

while ($tes7count2 = mysql_fetch_array($countelem2))
    {
        $elem2=$elem2+$tes7count2['count'];
    }
<?php
$max84 = mysql_query("SELECT id FROM definition WHERE id=$max82 $subj_test" );
$max84 = mysql_result ($max84,0);
$test8 = mysql_query ("SELECT * FROM definition WHERE id=$max84 $subj_test");
while ($tes8 = mysql_fetch_array($test8))
{
echo "2. ", $tes8['CS']," ", $tes8['CNJ'] ;
    $tesmax8=$tes8['id'];
    $tc8=$tes8['CNJ'];
}
?></strong>
<br />
</td>
<td>
<?php
$max86 = mysql_query("SELECT id FROM definition WHERE id=$max85 $subj_test" );
$max86 = mysql_result ($max86,0);
$test8 = mysql_query ("SELECT * FROM definition WHERE id=$max86 $subj_test");
while ($tes8 = mysql_fetch_array($test8))
{
echo "3. ", $tes8['CS']," ", $tes8['CNJ'] ;
    $tesmax8=$tes8['id'];
    $tc8=$tes8['CNJ'];
}
?></strong>
<br />
</td>
<td>
<center>
<input type="submit" align="center" style="font-size: 20px;> font-family: ariel; background: Moccasin"
value="Завершити тестування" >
</form></form>
require_once('../../config.php');
require_once($CFG->dirroot.'/mod/scorm/lib.php');

// Перевірка параметрів
$id = optional_param('id', "", PARAM_INT); // ідентифікатор модуля
$a = optional_param('a', "", PARAM_INT); // ідентифікатор стандарту Scorm
$scoid = required_param('scoid', PARAM_INT); // ідентифікатор навчального фрагменту
$mode = optional_param('mode', 'normal', PARAM_ALPHA); // режим навігації
$currentorg = optional_param('currentorg', "", PARAM_RAW); // вибір курсу
$newattempt = optional_param('newattempt', 'off', PARAM_ALPHA); // запит нової спроби

if (!empty($id)) {
    if (! $scm = get_coursemodule_from_id('scorm', $id)) {
        error("Ідентифікатор модуля курсу невірний");
    }
    if (! $course = get_record("course", "id", $scm->course)) {
        error("курс невірно сконфігуровано");
    }
    if (! $scorm = get_record("scorm", "id", $scm->instance)) {
        error("модуль курсу невірний");
    }
} else if (!empty($a)) {
    if (! $scorm = get_record("scorm", "id", $a)) {
        error("модуль курсу невірний");
    }
    if (! $course = get_record("course", "id", $scorm->course)) {

```

```

        error("курс невірно сконфігуровано");
    }
    if (! $cm = get_coursemodule_from_instance("scorm", $scorm->id, $course->id)) {
        error("Ідентифікатор модуля курсу невірний");
    }
} else {
    error('потрібний параметр пропущено');
}

require_login($course->id, false, $cm);

$strscorms = get_string('modulenameplural', 'scorm');
$strscorm = get_string('modulename', 'scorm');
$strpopup = get_string('popup', 'scorm');
$strexit = get_string('exitactivity', 'scorm');

$navlinks = array();

if ($course->id != SITEID) {
    if ($scorms = get_all_instances_in_course('scorm', $course)) {
        // початковий модуль діяльності SCORM/AICC
        $firstscorm = current($scorms);
        if (!($course->format == 'scorm') && ($firstscorm->id == $scorm->id)) {
            $navlinks[] = array('name' => $strscorms, 'link' => "index.php?id=$course->id", 'type' => 'activity');
        }
    }
}

$pagetitle = strip_tags("$course->shortname: ".format_string($scorm->name));

if (!$cm->visible and !has_capability('moodle/course:viewhiddenactivities',
get_context_instance(CONTEXT_COURSE,$course->id))) {
    $navlinks[] = array('name' => format_string($scorm->name,true), 'link' => "view.php?id=$cm->id", 'type' =>
'activityinstance');
    $navigation = build_navigation($navlinks);

    print_header($pagetitle, $course->fullname, $navigation,
        "", true, update_module_button($cm->id, $course->id, $strscorm), "", false);
    notice(get_string("activityiscurrentlyhidden"));
}
// Обробка змісту
$scorm->version = strtolower(clean_param($scorm->version, PARAM_SAFEDIR)); // збереження
параметрів
if (!file_exists($CFG->dirroot.'/mod/scorm/datamodels/'.$scorm->version.'.lib.php')) {
    $scorm->version = 'scorm_12';
}
require_once($CFG->dirroot.'/mod/scorm/datamodels/'.$scorm->version.'.lib.php');
$attempt = scorm_get_last_attempt($scorm->id, $USER->id);
if (($newattempt=='on') && (($attempt < $scorm->maxattempt) || ($scorm->maxattempt == 0))) {
    $attempt++;
    $mode = 'normal';
}
$attemptstr = '&attempt=' . $attempt;

$result = scorm_get_toc($USER,$scorm,'structurelist',$currentorg,$scoid,$mode,$attempt,true);
$sco = $result->sco;

if (($mode == 'browse') && ($scorm->hidebrowse == 1)) {
    $mode = 'normal';
}
if ($mode != 'browse') {
    if ($trackdata = scorm_get_tracks($sco->id,$USER->id,$attempt)) {

```

```

        if (($trackdata->status == 'completed') || ($trackdata->status == 'passed') || ($trackdata->status ==
'failed')) {
            $mode = 'review';
        } else {
            $mode = 'normal';
        }
    } else {
        $mode = 'normal';
    }
}

add_to_log($course->id, 'scorm', 'view', "player.php?id=$cm->id&scoid=$sco->id", "$scorm->id", $cm->id);

$scoidstr = '&scoid='.$sco->id;
$scoidpop = '&scoid='.$sco->id;
$modestr = '&mode='.$mode;
if ($mode == 'browse') {
    $modepop = '&mode='.$mode;
} else {
    $modepop = "";
}
$orgstr = '&currentorg='.$currentorg;

$SESSION->scorm_sco_id = $sco->id;
$SESSION->scorm_status = 'Not Initialized';
$SESSION->scorm_mode = $mode;
$SESSION->scorm_attempt = $attempt;

// Друк заголовка
$bodyscript = "";
if ($scorm->popup == 1) {
    $bodyscript = 'onunload="main.close(),";'
}

$navlinks[] = array('name' => format_string($scorm->name,true), 'link' => "view.php?id=$cm->id", 'type' =>
'activityinstance');
$navigation = build_navigation($navlinks);
$exitlink = '<a href="'. $CFG->wwwroot. '/course/view.php?id='.$scorm->course.'"
title="'. $strexit.'">'. $strexit. '</a> ';

print_header($pagetitle, $course->fullname,
            $navigation,
            "", true, $exitlink.update_module_button($cm->id, $course->id, $strscorm), "", false, $bodyscript);
?>
<script type="text/javascript" src="request.js"></script>
<script type="text/javascript" src="api.php?id=<?php echo $cm->id.$scoidstr.$modestr.$attemptstr
?>"></script>
<script type="text/javascript" src="<?php echo $CFG->wwwroot; ?>/mod/scorm/rd.js"></script>
<script type="text/javascript">
<!--
    window.onresize = function() {
        scorm_resize(<?php echo $scorm->width.", ".$scorm->height; ?>);
    };
-->
</script>
<?php
if (($sco->previd != 0) && (!isset($sco->previous)) || ($sco->previous == 0)) {
    $costr = '&scoid='.$sco->previd;
    echo ' <script type="text/javascript">'. "\n//<![CDATA[\n". 'var prev="'. $CFG->
wwwroot. '/mod/scorm/player.php?id='.$cm->id.$orgstr.$modepop.$costr. "\n//]]>\n</script>\n";
} else {

```

```

    echo ' <script type="text/javascript">'. "\n//\n". 'var prev="'. $CFG-
&gt;wwwroot.'/mod/scorm/view.php?id='. $cm-&gt;id. "\";\n//]]&gt;\n&lt;/script&gt;\n";
}
if (($sco-&gt;nextid != 0) &amp;&amp; (!isset($sco-&gt;next)) || ($sco-&gt;next == 0)) {
    $scostr = '&amp;scoid='.$sco-&gt;nextid;
    echo ' &lt;script type="text/javascript"&gt;'. "\n//<![CDATA[\n". 'var next="'. $CFG-
&gt;wwwroot.'/mod/scorm/player.php?id='. $cm-&gt;id.$orgstr.$modepop.$scostr. "\";\n//]]&gt;\n&lt;/script&gt;\n";
} else {
    echo ' &lt;script type="text/javascript"&gt;'. "\n//<![CDATA[\n". 'var next="'. $CFG-
&gt;wwwroot.'/mod/scorm/view.php?id='. $cm-&gt;id. "\";\n//]]&gt;\n&lt;/script&gt;\n";
}
?&gt;
&lt;div id="scormpage"&gt;
&lt;?php
if ($scorm-&gt;hidetoc == 0) {
?&gt;
    &lt;div id="tocbox"&gt;
&lt;?php
if ($scorm-&gt;hidenav ==0){
?&gt;
    &lt;!-- Bottons nav at left--&gt;
    &lt;div id="tothead"&gt;
        &lt;form name="tothead" method="post" action="player.php?id=&lt;?php echo $cm-&gt;id ?&gt;" target="_top"&gt;
&lt;?php
    $orgstr = '&amp;currentorg='.$currentorg;
    if (($scorm-&gt;hidenav == 0) &amp;&amp; ($sco-&gt;previd != 0) &amp;&amp; (!isset($sco-&gt;previous) || $sco-&gt;previous == 0)) {
        // вивід кнопки пореходу на попередній навчальний фрагмент
        $scostr = '&amp;scoid='.$sco-&gt;previd;
        $url = $CFG-&gt;wwwroot.'/mod/scorm/player.php?id='. $cm-&gt;id.$orgstr.$modestr.$scostr;
    ?&gt;
        &lt;input name="prev" type="button" value="&lt;?php print_string('prev', 'scorm') ?&gt;"
onClick="document.location.href=' &lt;?php echo $url; ?&gt; '"/&gt;
&lt;?php
    }
    if (($scorm-&gt;hidenav == 0) &amp;&amp; ($sco-&gt;nextid != 0) &amp;&amp; (!isset($sco-&gt;next) || $sco-&gt;next == 0)) {
        // вивід кнопки пореходу на наступний навчальний фрагмент
        $scostr = '&amp;scoid='.$sco-&gt;nextid;
        $url = $CFG-&gt;wwwroot.'/mod/scorm/player.php?id='. $cm-&gt;id.$orgstr.$modestr.$scostr;
    ?&gt;
        &lt;input name="next" type="button" value="&lt;?php print_string('next', 'scorm') ?&gt;"
onClick="document.location.href=' &lt;?php echo $url; ?&gt; '"/&gt;
&lt;?php
    }
?&gt;
    &lt;/form&gt;
&lt;/div&gt; &lt;!-- tothead --&gt;
&lt;?php
}
?&gt;
    &lt;/div&gt; &lt;!-- tocbox --&gt;
&lt;?php
    $class = ' class="toc"';
} else {
    $class = ' class="no-toc"';
}
?&gt;
    &lt;div id="scormbox"&lt;?php echo $class; if(($scorm-&gt;hidetoc == 2) || ($scorm-&gt;hidetoc == 1)){echo
'style="width:100%";}?&gt;&gt;
&lt;?php
</pre>
</div>
```

```

// відображення змісту із видимими навчальними фрагментами
if (
    ($mode != 'normal') || // відображення службової інформації, коли відключено нормальний режим
    (
        ($scorm->hidenav == 0) && // викладач включає кнопки навігації
        ($scorm->hidetoc != 0) && // кнопки змісту не відображаються
        (
            (
                ($sco->previd != 0) && // це не перший навчальний фрагмент в пакеті
                ((!isset($sco->previous)) || ($sco->previous == 0)) // Moodle обробляє попереднє посилання
            ) ||
            (
                ($sco->nextid != 0) && // це не останній навчальний фрагмент в пакеті
                ((!isset($sco->next)) || ($sco->next == 0)) // Moodle обробляє наступне посилання
            )
        )
    ) || ($scorm->hidetoc == 2) // викладач відображає зміст в малому випадіючому вікні
){
?>
    <div id="scormtop">
        <?php echo $mode == 'browse' ? '<div id="scormmode" class="scorm-
left">'.get_string('browsemode','scorm')."</div>\n" : "; ?>
        <?php echo $mode == 'review' ? '<div id="scormmode" class="scorm-
left">'.get_string('reviewmode','scorm')."</div>\n" : "; ?>
<?php
    if (($scorm->hidenav == 0) || ($scorm->hidetoc == 2) || ($scorm->hidetoc == 1)) {
?>
        <div id="scormnav" class="scorm-right">
            <?php
                $orgstr = '&currentorg='.$currentorg;
                if (($scorm->hidenav == 0) && ($sco->previd != 0) && (!isset($sco->previous) || $sco->previous == 0) &&
                (($scorm->hidetoc == 2) || ($scorm->hidetoc == 1)) ) {

                    // вивід кнопки пореходу на попередній навчальний фрагмент
                    $scostr = '&scoid='.$sco->previd;
                    $url = $CFG->wwwroot.'/mod/scorm/player.php?id='.$scm->id.$orgstr.$modestr.$scostr;
?>
                    <form name="scormnavprev" method="post" action="player.php?id=<?php echo $scm->id ?>"
target="_top" style="display:inline">
                        <input name="prev" type="button" value="<?php print_string('prev','scorm') ?>"
onClick="document.location.href='<?php echo $url; ?>'"/>
                    </form>
<?php
                }
                if ($scorm->hidetoc == 2) {
                    echo $result->tocmenu;
                }
                if (($scorm->hidenav == 0) && ($sco->nextid != 0) && (!isset($sco->next) || $sco->next == 0) &&
                (($scorm->hidetoc == 2) || ($scorm->hidetoc == 1))) {
                    // вивід кнопки пореходу на наступний навчальний фрагмент
                    $scostr = '&scoid='.$sco->nextid;
                    $url = $CFG->wwwroot.'/mod/scorm/player.php?id='.$scm->id.$orgstr.$modestr.$scostr;
?>
                    <form name="scormnavnext" method="post" action="player.php?id=<?php echo $scm->id ?>"
target="_top" style="display:inline">
                        <input name="next" type="button" value="<?php print_string('next','scorm') ?>"
onClick="document.location.href='<?php echo $url; ?>'"/>
                    </form>
<?php
                }
            }
?>
        </div>

```

```

<?php
}
?>
</div> <!-- Scormtop -->
<?php
} // завершення виводу навчального матеріалу
?>
<div id="scormobject" class="scorm-right">
<noscript>
<div id="noscript">
<?php print_string('noscriptnoscorn','scorm'); // скрипт не знайдено ?>
</div>
</noscript>
<?php
if ($result->prerequisites) {
if ($scorm->popup == 0) {
echo " <script type='text/javascript'>scorm_resize('.$scorm->width.', ".$scorm-
>height.');"</script>\n";
$fullurl="loadSCO.php?id=".$scm->id.$scoidstr.$modestr;
echo " <iframe id='scoframe1' class='scoframe' name='scoframe1'
src='\"{$fullurl}\"></iframe>\n";
} else {
$name = ereg_replace("[^A-Za-z0-9]", "", $scorm->name);
if (!$name) {
$name = 'DefaultPlayerWindow';
}
$name = 'scorm_'. $name;
?>
<script type="text/javascript">
scorm_resize(<?php echo $scorm->width.", ". $scorm->height; ?>);
function openpopup(url,name,options,width,height) {
if (width<=100) {
width = Math.round(screen.availWidth * width / 100);
}
if (height<=100) {
height = Math.round(screen.availHeight * height / 100);
}
options += ",width="+width+",height="+height;
fullurl = "<?php echo $CFG->wwwroot./mod/scorm/ ?>" + url;
windowobj = window.open(fullurl,name,options);
if ((width==100) && (height==100)) {
// вивід на повний екран
windowobj.moveTo(0,0);
}
windowobj.focus();
return windowobj;
}

url = "loadSCO.php?id=<?php echo $scm->id.$scoidpop ?>";
width = <?php p($scorm->width) ?>;
height = <?php p($scorm->height) ?>;
var main = openpopup(url, "<?php p($name) ?>", "<?php p($scorm->options) ?>", width, height);
</script>
<noscript>
<iframe id="main" class="scoframe" src="loadSCO.php?id=<?php echo $scm-
>id.$scoidstr.$modestr ?>">
</iframe>
</noscript>
<?php
// javascript запускається в разі блокування спливаючих вікон
print_simple_box(get_string('popupblockmessage','scorm'),'center','',5,'generalbox','altpopuplink');

```

```

        $linkcourse = '<a href="'. $CFG->wwwroot.'/course/view.php?id='.$scorm->course.'">'.
get_string('finishscormlinkname','scorm') . '</a>';
        print_simple_box(get_string('finishscorm','scorm',$linkcourse),'center','',5,'generalbox','altfinishlink');
    }
} else {
    print_simple_box(get_string('noprerequisites','scorm'),'center');
}
?>
</div> <!-- SCORM object -->
</div> <!-- SCORM box -->
</div> <!-- SCORM page -->
<?php print_footer('none'); ?>
<table><tr valign=top><td>
<form method=get>
// підключення до баз даних
<input type=checkbox name="testaccess" value=1 <?php echo !empty($testaccess) ? 'checked' : " ?>>
<b>Access</b><br>
<input type=checkbox name="testibase" value=1 <?php echo !empty($testibase) ? 'checked' : " ?>>
<b>Interbase</b><br>
<input type=checkbox name="testmssql" value=1 <?php echo !empty($testmssql) ? 'checked' : " ?>>
<b>MSSQL</b><br>
<input type=checkbox name="testmysql" value=1 <?php echo !empty($testmysql) ? 'checked' : " ?>>
<b>MySQL</b><br>
<input type=checkbox name="testmysqlodbc" value=1 <?php echo !empty($testmysqlodbc) ? 'checked' : " ?>>
<b>MySQL ODBC</b><br>
<input type=checkbox name="testmysqli" value=1 <?php echo !empty($testmysqli) ? 'checked' : " ?>>
<b>MySQLi</b>
<br>

$original = $handler->handlerfunction;

// зміна обробника в базі даних
set_field('events_handlers', 'handlerfunction', serialize('some_other_function_handler'), 'id', $handler->id);

// оновлення визначення, повернення обробника назад
events_update_definition('unittest');
$handler = get_record('events_handlers', 'handlermodule', 'unittest', 'eventname', 'test_instant');
$this->assertEqual($handler->handlerfunction, $original, 'update should sync db with file definition: %s');
}

// перевірка чи увімкнено функцію реєстрації тригера подій
function test__events_is_registered() {
    $this->assertTrue(events_is_registered('test_instant', 'unittest'));
}

// перевірка функції реєстрації тригера подій
function test__events_trigger__instant() {
    $this->assertEqual(0, events_trigger('test_instant', 'ok'));
    $this->assertEqual(0, events_trigger('test_instant', 'ok'));
    $this->assertEqual(2, sample_function_handler('status'));
}

function test__events_trigger__cron() {
    $this->assertEqual(0, events_trigger('test_cron', 'ok'));
    $this->assertEqual(0, sample_handler_class::static_method('status'));
    events_cron();
    $this->assertEqual(1, sample_handler_class::static_method('status'));
}

function test__events_pending_count() {
    events_trigger('test_cron', 'ok');
    events_trigger('test_cron', 'ok');
}

```

```

    $this->assertEqual(2, events_pending_count('test_cron'), 'дві події повинні бути в черзі: %s');
    events_cron('test_cron');
    $this->assertEqual(0, events_pending_count('test_cron'), 'всі повідомлення повинні бути видалені з
черги: %s');
}

function test__events_trigger__failed_instant() {
    $this->assertEqual(1, events_trigger('test_instant', 'fail'), 'помилка першої події: %s');
    $this->assertEqual(1, events_trigger('test_instant', 'ok'), 'ця подія повинна дати помилку також: %s');
    $this->assertEqual(0, events_cron('test_instant'), 'всі події повинні залишатися в черзі: %s');
    $this->assertEqual(2, events_pending_count('test_instant'), 'дві події повинні залишатися в черзі: %s');
    $this->assertEqual(0, sample_function_handler('status'), 'перевірка чи немає викликаних подій: %s');
    sample_function_handler('ignorefail'); // ігнорувати дані про помилку події тепер
    $this->assertEqual(1, events_trigger('test_instant', 'ok'), 'ця подія повинна ставитись прямо в чергу: %s');
    $this->assertEqual(3, events_pending_count('test_instant'), 'три події повинні бути в черзі: %s');
    $this->assertEqual(0, sample_function_handler('status'), 'перевірка чи попердня подія не була
відправлена: %s');
    $this->assertEqual(3, events_cron('test_instant'), 'всі події повинні бути відправлені: %s');
    $this->assertEqual(3, sample_function_handler('status'), 'перевірка чи три події були відправлені: %s');
    $this->assertEqual(0, events_pending_count('test_instant'), 'в черзі не повинно бути жодних подій: %s');
    $this->assertEqual(0, events_trigger('test_instant', 'ok'), 'ця подія повинна бути відправлена негайно:
%s');
    $this->assertEqual(4, sample_function_handler('status'), 'перевірка події чи вона не була відправлена:
%s');
    $this->assertEqual(0, events_pending_count('test_instant'), 'в черзі не повинно бути жодних подій: %s');
}
}

</body>
</html>

```



Додаток К  
Наукові праці здобувача

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Коваль В. С. Проектна архітектура інформаційного порталу дистанційного навчання засобами семантичного вебу / В. С. Коваль, Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 3(39). – С. 128-136.

2. Лендюк Т. В. Моделювання комп'ютерного адаптивного навчання і тестування / Т. В. Лендюк // Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник. – Одеса, 2013. – Вип. 1(40). – С. 110-115. (індексована наукометричними базами Index Copernicus, Ulrich's periodicals directory).

3. Лендюк Т.В. Інформаційна технологія формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів / Т.В. Лендюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – № 3 (56). – С. 213-221. (індексована наукометричною базою Index Copernicus).

4. Лендюк Т.В. Знание-ориентированная информационная технология для построения системы адаптированного обучения / Т.В. Лендюк // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2016. – № 5. – С. 16-21.

5. Васильків Н.М. Нечітка система розподілу завдань для тестування студентів / Н.М. Васильків, Л.О. Дубчак, Т.В. Лендюк, І.В. Турченко // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. Том 7, Випуск 2. – Чернівці: ЧНУ, 2016. – С. 20-24.

6. Лендюк Т.В. Нечітка модель формування індивідуальної траєкторії навчання та побудова онтології на її основі / Т.В. Лендюк, Н.М. Васильків //

Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2017. – Том 7. – № 1-2. – С. 103-112.

7. Лендюк Т. В. Оптимізація ресурсних і якісних обмежень в управлінні освітніми проектами / Т. В. Лендюк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2010. – №4, Т.1. – С. 60-68.

8. Лендюк Т. В. Адаптивне навчання та нечітка логіка при побудові індивідуальної траєкторії навчання // Т. В. Лендюк // Електронне наукове фахове видання «Глобальні та національні проблеми економіки». Липень 2015. – випуск № 6. – С. 959-964.

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

9. Lendyuk T. Project Management Using in Distance Education / T. Lendyuk, S. Rippa, E. Strime // Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2003, Lviv, Ukraine, September 8-10, 2003. – pp. 503-507. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

10. Лендюк Т. В. Використання проектного менеджменту в освіті та дистанційному навчанні / Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці та бізнесі», тези IV міжнародної науково-практичної конференції, (Ірпінь, травень 2003 р.). – С. 586-588.

11. Lendyuk T. Models of Project Resources Using / T. Lendyuk, R. Pasichnyk, S. Rippa, S. Voznyak // Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2005, Sofia, Bulgaria, September 5-7, 2005. – pp. 717-722. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

12. Rippa S. Selection of Alternative Projects Using Data Mining / S. Rippa, T. Lendyuk // Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2007, Dortmund, Germany, September 6-8, 2007. – pp. 550-554. (індексована наукометричною базою Scopus).

13. Ріппа С. П. Інформаційно-комунікаційні технології як фактор глобалізації освіти / С. П. Ріппа, Т. В. Лендюк // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці», 23-24 квітня 2009 року, Частина 2, Ірпінь 2009. – С. 158-161.

14. Lendyuk T. Optimization of Resource and Qualitative Limitations in Management of Education Projects / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2009, Rende, Italy, September 21-23, 2009. – pp. 591-596. (індексована наукометричною базою Scopus).

15. Lendyuk T. Information Portal of E-Learning System in Semantic Web Environment / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2011, Prague, Czech Republic, September 15-17, 2011. – pp. 637-641. (індексована наукометричною базою Scopus).

16. Коваль В. С. Система дистанційного навчання як інформаційний портал в середовищі семантичного Вебу / В. С. Коваль, Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали II Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2012. – Тернопіль: THEU, 2012. – С. 179-180.

17. Lendyuk T. Simulation of Computer Adaptive Learning and Improved Algorithm of Pyramidal Testing / T. Lendyuk, S. Rippa, S. Sachenko // Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2013, Berlin, Germany, September 12-14, 2013. – pp. 764-769. (індексована наукометричною базою Scopus).

18. Лендюк Т. В., Саченко С. І. Знання-орієнтований підхід до побудови індивідуальної траєкторії навчання / Т. В. Лендюк, С. І. Саченко // Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті : [матеріали XIV

міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 29 червня – 3 липня 2015 року], С. 198-202.

19. Лендюк Т. В. Використання нечіткої логіки для формування індивідуальної траєкторії навчання / Т. В. Лендюк // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Українська наука: проблеми сьогодення та перспективи розвитку», Київ, 24-25.07.2015, – С. 44-47.

20. Lendyuk T. Fuzzy Rules for Tests Complexity Changing for Individual Learning Path Construction / T. Lendyuk, S. Sachenko, S. Rippa, G. Sapojnyk // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015. – pp. 945-948. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

21. Lendyuk T. Individual Learning Path Building on Knowledge-based Approach / T. Lendyuk, A. Melnyk, S. Rippa, I. Golyash, S. Shandruk // Proceedings of 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015. – pp. 949-954. (індексована наукометричними базами Web of Science, Scopus).

22. Лендюк Т. В. Формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням знання-орієнтованого і нечіткого підходів / Т. В. Лендюк, С. П. Ріппа, С. І. Саченко // Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи [матеріали XV Міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 4–8 липня 2016 року]. – С. 279-283.

## Додаток Л

## Опубліковані праці апробаційного характеру

№ п/п	Назви конференції, конгресу, симпозиуму, семінару, школи	Місце проведення	Дата проведення (із зазначенням числа, місяця та року)	Форма участі
1.	2nd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2003.	м. Львів	8-10 вересня 2003 року	Очна
2.	IV міжнародна науково-практична конференція «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці та бізнесі» Ірпінь, 2003	м. Ірпінь	15-17 травня 2003 року	Очна
3	3rd IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2005.	м. Софія, Болгарія	5-7 вересня 2005 року	Очна
4	4th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2007.	м. Дортмунд, Німеччина	6-8 вересня 2007 року	Заочна
5	VII Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці».	м. Ірпінь	23-24 квітня 2009 року	Заочна
6	5th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2009.	Ренде, Козенца, Італія	21-23 вересня 2009 року	Заочна
7	6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2011.	м. Прага, Чеська республіка	15-17 вересня 2011 року	Заочна
8	II Всеукраїнська школа-семінар молодих вчених і студентів «Сучасні	м. Тернопіль	4-5 травня 2012 року	Очна

	комп'ютерні інформаційні технології» АСІТ'2012.			
9	Перша україно-німецька конференція «Інформатика. Культура. Техніка», Одеса, 2013 р.;	м. Одеса	18-19 лютого 2013 року	Заочна
10	7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2013.	м. Берлін, Німеччина	12-14 вересня 2013 року	Заочна
11	XIV міжнародний науковий семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті».	м. Київ – оз. Світязь	29 червня – 3 липня 2015 року	Очна
12	XVII Міжнародна науково-практична конференція «Українська наука: проблеми сьогодення та перспективи розвитку».	м. Київ	24-25 липня 2015 року	Заочна
13	8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2015.	м. Варшава, Польща	24-26 вересня 2015 року	Заочна
14	XV Міжнародний науковий семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи».	м. Київ – оз. Світязь	4–8 липня 2016 року	Очна

## Додаток М

## Акти впровадження результатів дисертаційної роботи

## АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Лендюка Тараса Васильовича

«Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи комп'ютеризації освіти»

У відповідності з протоколом намірів «Про сумісну науково-технічну і організаційно-виробничу діяльність по розробці та впровадженню адаптивної системи дистанційного навчання» між ПП «МагнетікВан» та Науково-дослідним інститутом інтелектуальних комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету (ТНЕУ), ПП «МагнетікВан» передано програмне забезпечення для адаптивної системи комп'ютеризованого навчання, яке розроблене за результатами дисертаційного дослідження Лендюка Т.В., викладача кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління ТНЕУ.

Дане програмне забезпечення реалізує розроблений Лендюком Т.В. метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів з використанням пакету Scorm в системі дистанційного навчання Moodle.

Впровадження перерахованих вище результатів дисертаційного дослідження Лендюка Т.В. в системі підвищення кваліфікації персоналу ПП «МагнетікВан», дозволило покращити ефективність навчання персоналу приблизно в два рази.

Директор ПП «МагнетікВан»



Череватий О.П.



Акт  
 про впровадження результатів дисертаційної роботи  
 Лендюка Тараса Васильовича  
 «Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи  
 комп'ютеризації освіти»

Підтверджуємо, що розроблена Лендюком Тарасом Васильовичем, викладачем кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління Тернопільського національного економічного університету, нечітка модель зміни складності наступного блоку тестових питань на основі правильності відповідей студента на поточний блок питань, складності поточного блоку питань і затраченого часу, використовується в навчальному процесі кафедри комп'ютерних систем та мереж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича при викладанні дисциплін «Комп'ютерні системи штучного інтелекту», «Комп'ютерна графіка», «Системне програмне забезпечення», «Організація баз даних».

В.о. завідувача кафедри  
 комп'ютерних систем та мереж,  
 к.ф.-м.н., доц.

Воробець Г.І.

професор кафедри  
 комп'ютерних систем та мереж,  
 д.ф.-м.н., проф.

Дейбук В.Г.

доцент кафедри  
 комп'ютерних систем та мереж,  
 к.т.н., доц.

Рошупкін О.Ю.





Затверджую  
 Тернопільський проєктор з навчально-  
 методичної та виховної роботи  
 Університету державної фіскальної  
 служби України  
 д.е.н., проф. Шевчук О.А.

«19» \_\_\_\_\_ 2017 р.

АКТ  
 про впровадження результатів дисертаційної роботи  
 Лендюка Тараса Васильовича  
 «Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи  
 комп'ютеризації освіти»

Розроблена викладачем кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління Тернопільського національного економічного університету Лендюком Тарасом Васильовичем вдосконалена модель адаптивного тестування в системі дистанційного навчання Moodle та в межах стандарту Scorm, а також онтологія навчального фрагменту з інтеграцією в середовищі системи дистанційного навчання Moodle, пакету Scorm та системи баз знань Protégé, використовуються в навчальному процесі кафедри інтелектуальних управляючих обчислювальних систем Навчально-наукового інституту інформаційних технологій та менеджменту Університету державної фіскальної служби України при викладанні дисциплін «Методи та засоби подання знань», «Методи і моделі проектування інформаційних управляючих систем», «Експертні системи», «Інтелектуальні системи підтримки рішень».

Завідувач кафедри  
 інтелектуальних управляючих  
 обчислювальних систем, к.е.н., доц.

Редич О. В.

доцент кафедри інтелектуальних  
 управляючих обчислювальних  
 систем, к.т.н., доц.

Постіл С. Д.

доцент кафедри  
 інтелектуальних управляючих  
 обчислювальних систем, к.т.н., доц.

Кузнецов М.І.

Затверджую  
Перший проректор  
Тернопільського національного  
економічного університету  
Шинкарик М.І.



про впровадження у навчальний процес Тернопільського національного економічного університету (ТНЕУ) результатів дисертаційної роботи викладача кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління Лендюка Тараса Васильовича «Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи комп'ютеризації освіти»

Ми, комісія у складі завідувача кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління (ІОСУ), д.т.н., проф. Саченка А.О., доцента кафедри ІОСУ, к.т.н. Комара М.П. та викладача кафедри ІОСУ, к.т.н. Осолінського О.Р, склали цей акт про те, що основні наукові положення та отримані результати дисертації Лендюка Т.В., викладача кафедри ІОСУ, зокрема, метод формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням складності навчального матеріалу і рівня знань студентів та нечітка модель формування індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням рівня знань студента, змістової складової та складності навчального фрагмента, впроваджено в навчальному процесі кафедри ІОСУ при викладанні дисциплін «Теорія прийняття рішень», «Управління інформацією і знаннями» та «Управління закупівлями і контракти».

Завідувач кафедри  
інформаційно-обчислювальних  
систем та управління, д.т.н., проф.

Саченко А.О.

Доцент кафедри ІОСУ  
к.т.н.

Комар М.П.

Викладач кафедри ІОСУ  
к.т.н.

Осолінський О.Р.

Затверджую  
Проректор з наукової роботи  
Тернопільського національного  
економічного університету  
Задорожний М. В.

« 16 »



АКТ  
про впровадження результатів дисертаційної роботи  
Лендюка Тараса Васильовича  
«Знання-орієнтовані методи та інформаційна технологія для побудови системи  
комп'ютеризації освіти»

Підтверджуємо, що програмне забезпечення адаптивної системи дистанційного навчання, розроблене за результатами дисертаційного дослідження Лендюка Т.В., викладача кафедри інформаційно-обчислювальних систем та управління ТНЕУ, використано у Науково-дослідному інституті інтелектуальних комп'ютерних систем. Зокрема, впроваджено інструментальні засоби з розробки вдосконаленої моделі пірамідального тестування, нечіткої моделі комп'ютерного адаптивного тестування та нечіткої моделі формування індивідуальної траєкторії навчання, що дало можливість розширити онтологію навчального фрагменту та пришвидшити час тестування. Дані результати отримані при виконанні спільного проекту «Методи фінансової аналітики з застосуванням технологій баз знань» між Національним університетом державної податкової служби України, м. Ірпінь, та НДІ інтелектуальних комп'ютерних систем, ТНЕУ.

Крім того, окремі результати дисертаційного дослідження Лендюка Т.В. використано при виконанні науково-дослідної роботи «Дистрибутивні сенсорні мережі з реконфігурацією обчислювальних вузлів» (державний реєстраційний номер 0115U004816).

Директор НДІ ІКС,  
к.т.н., професор кафедри ІОСУ

Кочан В.В.

Науковий керівник НДІ ІКС,  
д.т.н., проф.

Саченко А.О.

Вчений секретар НДІ ІКС,  
к.т.н., доцент кафедри ІОСУ

Комар М.П.