

ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ СЕМАНТИЧНОГО УЗГОДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАВЧАЛЬНИХ АКТИВНОСТЕЙ ТА ОЦІНЮВАЛЬНИХ ДОКАЗІВ В ЕЛЕКТРОННОМУ КУРСІ

У статті розглянуто проблему внутрішньої семантичної узгодженості електронного курсу як однієї з важливих передумов його дидактичної цілісності, прозорості оцінювання та подальшого формалізованого аналізу. Показано, що в сучасних системах дистанційного навчання результати навчання, навчальні активності та засоби оцінювання нерідко проєктуються фрагментарно: результати навчання визначаються на рівні робочої програми курсу, навчальні активності формуються відповідно до тем або календарного плану, а оцінювання реалізується через окремі тести, завдання чи проєкти. За відсутності формалізованих зв'язків між цими складниками знижується логічна цілісність курсу, ускладнюється перевірка повноти досягнення результатів навчання та обмежуються можливості системного аналізу його структури.

Запропоновано онтологічну модель семантичного узгодження результатів навчання, навчальних активностей та оцінювальних доказів в електронному курсі. У межах моделі визначено базові сутності, основні типи зв'язків між ними та умову семантичної узгодженості. Формалізовано мінімальний дидактичний ланцюг «результат навчання → навчальна активність → оцінювальний доказ», а також уведено часткові та інтегральні показники семантичного узгодження. Показано, що запропонована модель дає змогу виявляти логічні розриви, неповне покриття результатів навчання навчальними активностями, а також невідповідності між оцінюванням і задекларованими освітніми цілями. Наведено ілюстративний приклад застосування моделі до умовного фрагмента електронного курсу, що демонструє її придатність для первинного виявлення структурних і змістових неузгодженостей.

Практичне значення підходу полягає в можливості його використання під час проєктування електронних курсів, їх експертної перевірки та створення підґрунтя для подальшого розроблення програмних засобів аналізу в системах дистанційного навчання. Перспективи подальших досліджень пов'язані з апробацією моделі на реальних електронних курсах і розробленням засобів автоматизованої перевірки семантичних зв'язків у цифровому освітньому середовищі.

Ключові слова: електронний курс, онтологічна модель, навчальні активності, оцінювальні докази, семантичне узгодження, дистанційне навчання.

D.D. Vykhovanets

ONTOLOGICAL MODEL OF SEMANTIC ALIGNMENT OF LEARNING OUTCOMES, LEARNING ACTIVITIES, AND ASSESSMENT EVIDENCE IN AN ELECTRONIC COURSE

The article addresses the problem of the internal semantic alignment of an electronic course as one of the important prerequisites for its didactic integrity, assessment transparency, and further formal analysis. It is shown that in modern distance learning systems, learning outcomes, learning activities, and assessment tools are often designed in a fragmented manner: learning outcomes are defined at the level of the course syllabus, learning activities are organized according to topics or the course schedule, while assessment is implemented through separate tests, assignments, or projects. In the absence of formalized links between these components, the logical integrity of the course decreases, verification of the completeness of learning outcomes achievement becomes more difficult, and the possibilities for systematic analysis of the course structure are limited.

An ontological model for the semantic alignment of learning outcomes, learning activities, and assessment evidence in an electronic course is proposed. Within the model, the basic entities, the main types of relationships between them, and the condition of semantic alignment are defined. The minimal didactic chain “learning outcome → learning activity → assessment evidence” is formalized, and partial as well as integral

indicators of semantic alignment are introduced. It is shown that the proposed model makes it possible to identify logical gaps, incomplete coverage of learning outcomes by learning activities, as well as inconsistencies between assessment and the declared educational objectives. An illustrative example of applying the model to a hypothetical fragment of an electronic course is provided, demonstrating its suitability for the initial detection of structural and semantic inconsistencies.

The practical significance of the approach lies in the possibility of its use in the design of electronic courses, their expert review, and the creation of a basis for the further development of software tools for analysis in distance learning systems. Prospects for further research are associated with validating the model on real electronic courses and developing tools for the automated verification of semantic relationships in a digital educational environment.

Key words: electronic course, ontological model, learning activities, assessment evidence, semantic alignment, distance learning.

Вступ

Цифровізація освіти, зростання ролі дистанційного навчання та поширення міждисциплінарних освітніх програм істотно підвищили вимоги до структури й внутрішньої логіки електронного курсу. Сучасний курс має не лише містити навчальні матеріали, а й забезпечувати прозорий зв'язок між задекларованими результатами навчання, формами навчальної діяльності та засобами перевірки їх досягнення. Саме цей зв'язок визначає дидактичну цілісність курсу, його придатність до аналізу та можливість ґрунтованого оцінювання навчальних досягнень [1, 2].

На практиці електронний курс часто створюється як сукупність відносно автономних блоків: результати навчання формулюються в робочій програмі чи описі курсу, навчальні активності організовуються за темами або тижнями, а контроль реалізується через окремі тести, завдання чи проєкти. За такого підходу між цими складниками нерідко відсутній чіткий формалізований зв'язок. Унаслідок цього виникають ситуації, коли окремі результати навчання фактично не підтримані відповідними активностями, активності не мають належної цільової прив'язки, а оцінювання фіксує виконання завдання, але не підтверджує досягнення конкретного результату навчання.

Для подолання цієї проблеми доцільно використати онтологічний підхід, який дає змогу подати електронний курс як семантично впорядковану систему сутностей і зв'язків [3, 4]. Такий підхід відкриває можливість переходу від описового проєктування курсу до його формалізованого моделювання, придатного для логічного ана-

лізу, перевірки та подальшого автоматизованого опрацювання.

1. Аналіз останніх досліджень і публікацій

У дослідженнях, присвячених міждисциплінарній інтеграції у вищій освіті, наголошується, що оновлення освітніх програм потребує чітко визначених цілей, логічно пов'язаної структури, узгодження змісту та комплексної системи оцінювання. Міждисциплінарний курс розглядається не як механічне поєднання тем із різних галузей, а як цілісна освітня конструкція, що має забезпечувати синтез знань і розвиток комплексного мислення здобувачів освіти [1].

У сучасних працях з онтологічної інженерії та семантичного опрацювання знань підкреслюється значення формального подання предметної галузі для побудови керованих знаннями інформаційних систем, а також для підтримки міждисциплінарних досліджень і цифрових освітніх середовищ [2, 5]. У роботах, присвячених використанню онтологій в освіті, показано, що онтологічне подання знань сприяє персоналізації навчання, формуванню семантично впорядкованих освітніх ресурсів і підвищенню узгодженості між складниками навчального процесу [6].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із онтологічно орієнтованим розробленням освітніх програм і навчальних планів. У роботі [7] запропоновано альтернативний підхід до онтологічного подання навчальних програм у вищій освіті, а в дослідженні [8] розроблено онтологічну модель компетентнісно орієнтова-

ної навчальної програми з можливістю перевірки її внутрішньої узгодженості. Ці праці підтверджують доцільність використання формальних семантичних моделей для опису цілей навчання, попередніх вимог та очікуваних результатів.

Водночас додаткове теоретичне підґрунтя для такого підходу створюють сучасні оглядові дослідження, у яких узагальнено використання графів знань та семантичних технологій в освіті, зокрема для проєктування навчальних програм, картографування понять, рекомендації освітнього змісту та підтримки оцінювання [9]. Окремо слід відзначити нові праці, присвячені автоматизованому аналізу узгодженості навчальних програм із освітніми стандартами на основі онтологічних засобів і семантичного зіставлення [10].

Разом із тим наявні дослідження переважно зосереджені або на загальному онтологічному моделюванні освітньої предметної галузі, або на структуризації навчальних матеріалів і контролю знань, або на аналізі відповідності навчальних програм стандартам. Питання ж формалізації безпосереднього зв'язку між результатами навчання, навчальними активностями та оцінювальними доказами в межах електронного курсу залишається недостатньо опрацьованим.

Отже, існує потреба в моделі, яка б описувала внутрішню дидактичну логіку електронного курсу як єдину семантичну структуру та давала змогу перевіряти її повноту й узгодженість.

2. Мета і методи досліджень

Метою дослідження є розроблення онтологічної моделі семантичного узгодження результатів навчання, навчальних активностей та оцінювальних доказів в електронному курсі, яка забезпечує формалізоване подання зв'язків між цими сутностями та створює основу для перевірки внутрішньої логічної цілісності курсу.

У дослідженні використано методи аналізу наукових джерел, онтологічного моделювання, множинно-відношеннєвої формалізації та концептуального синтезу структури електронного курсу. Для інтерп-

ретації внутрішньої логіки курсу застосовано підхід, за якого результати навчання, навчальні активності та оцінювальні докази розглядаються як формалізовані сутності єдиної семантичної системи.

3. Основна частина дослідження

3.1. Постановка проблеми.

У структурі електронного курсу можна виокремити щонайменше три базові групи дидактичних сутностей: результати навчання, навчальні активності та оцінювальні докази.

Результат навчання задає цільову рамку курсу та фіксує очікувані знання, уміння, способи мислення або дії, яких має досягти здобувач освіти. Навчальна активність є організованою формою його діяльності, спрямованою на досягнення певного результату навчання. Оцінювальний доказ у цій роботі розуміється як зафіксований результат виконання завдання, діяльності або навчальної дії, на підставі якого можна зробити висновок про ступінь досягнення заявленого результату навчання.

Проблема полягає в тому, що в реальних курсах ці три складники часто співіснують без належного семантичного узгодження. Звідси виникають типові невідповідності: результат навчання задекларовано, але він не має операційної підтримки через активності; активність присутня в курсі, але не співвіднесена з конкретною освітньою ціллю; оцінювальний доказ існує, але не дозволяє переконливо встановити досягнення того результату, на який формально посиляється курс. Така ситуація ускладнює як педагогічне проєктування, так і подальший аналіз якості електронного курсу.

3.2. Онтологічна інтерпретація структури електронного курсу.

Запропонована модель ґрунтується на онтологічному поданні електронного курсу як системи пов'язаних сутностей. Нехай:

$$LO = \{lo_1, lo_2, \dots, lo_n\}$$

$$LA = \{la_1, la_2, \dots, la_m\}$$

$$ED = \{ed_1, ed_2, \dots, ed_k\}$$

де LO – множина результатів навчання, LA – множина навчальних активностей, ED – множина оцінювальних доказів. Між цими множинами вводяться такі базові семантичні відношення:

$$R_1 \subseteq LO \times LA$$

$$R_2 \subseteq LA \times ED$$

$$R_3 \subseteq ED \times LO$$

де R_1 – відношення «результат навчання підтримується активністю», R_2 – відношення «активність породжує оцінювальний доказ», R_3 – відношення «оцінювальний доказ підтверджує результат навчання».

У межах такої моделі кожен результат навчання не існує ізольовано, а входить до ланцюга педагогічної реалізації. Навчальна активність інтерпретується не просто як складник навчальних матеріалів, а як операційний механізм досягнення результату, тоді як оцінювальний доказ виконує функцію його підтвердження.

На відміну від звичайної таблиці відповідностей, онтологічне подання дає змогу фіксувати не лише сам факт зв'язку, а й типи сутностей, типи відношень між ними, наявність логічних розривів, ізольованих елементів та неповного покриття структури курсу. Саме це робить модель придатною для подальшої формалізованої перевірки.

3.3. Умова семантичної узгодженості.

Мінімальною умовою семантичної узгодженості електронного курсу пропонується вважати існування для кожного результату навчання повного дидактичного ланцюга:

$$lo_i \rightarrow la_j \rightarrow ed_t$$

де навчальна активність la_j сприяє досягненню результату lo_i , а оцінювальний доказ ed_t , отриманий унаслідок виконання активності, підтверджує саме цей результат.

Формально це означає, що для кожного $lo_i \in LO$ мають існувати такі $la_j \in LA$ та $ed_t \in ED$, що:

$$(lo_i, la_j) \in R_1$$

$$(la_j, ed_t) \in R_2$$

$$(ed_t, lo_i) \in R_3$$

Якщо хоча б одна з ланок відсутня, у структурі курсу виникає семантичний розрив. Наприклад, якщо для результату навчання не знайдено жодної навчальної активності, курс не забезпечує його досягнення. Якщо активність існує, але не породжує належного оцінювального доказу, оцінювання стає непрозорим. Якщо ж доказ не співвіднесений із конкретним результатом, він втрачає педагогічну визначеність.

3.4. Принципи побудови моделі.

Принцип цільової відповідності: кожен результат навчання повинен мати принаймні одну навчальну активність, спрямовану на його досягнення.

Принцип операційної підтримки: кожна навчальна активність повинна бути змістовно пов'язана хоча б з одним результатом навчання та виконувати визначену функцію у досягненні освітньої мети.

Принцип доказовості: кожен оцінювальний доказ має бути співвіднесений із конкретним результатом навчання та давати змогу обґрунтовано судити про ступінь його досягнення.

Принцип неперервності дидактичного ланцюга: у структурі курсу має бути збережена логіка переходу від освітньої мети до діяльності, а від діяльності – до її оцінного підтвердження.

Принцип відсутності ізольованих сутностей: у курсі не повинно бути ізольованих активностей, доказів або результатів навчання, які не включені до загальної системи семантичних зв'язків. перевірки.

3.5. Показники семантичного узгодження.

Для практичного застосування моделі доцільно використовувати часткові та інтегральні показники.

Показник покриття результатів навчання:

$$C_{LO} = \frac{|LO^*|}{|LO|}$$

де LO^* – множина результатів навчання, для яких існує повний ланцюг «результат → активність → доказ».

Показник узгодженості навчальних активностей:

$$C_{LA} = \frac{|LA^*|}{|LA|}$$

де LA^* – множина навчальних активностей, пов'язаних хоча б з одним результатом навчання.

Показник доказовості:

$$C_{ED} = \frac{|ED^*|}{|ED|}$$

де ED^* – множина оцінювальних доказів, що мають явний зв'язок із результатами навчання.

Інтегральний показник семантичного узгодження може бути поданий у вигляді:

$$C_{sem} = w_1 C_{LO} + w_2 C_{LA} + w_3 C_{ED}$$

де $w_1 + w_2 + w_3 = 1$, а вагові коефіцієнти w_1, w_2, w_3 відображають значущість окремих складників для конкретного типу курсу.

Запропонована система показників не підміняє повної експертної оцінки курсу, але створює формальну основу для первинної перевірки його внутрішньої логіки.

3.6. Приклад інтерпретації моделі.

Розглянемо умовний фрагмент електронного курсу з тематики інтелектуальних інформаційних систем. Один із результатів навчання може бути сформульований так: «здобувач освіти вміє пояснювати роль онтологічного подання знань у системах дистанційного навчання». Для досягнення цього результату можуть бути передбачені такі навчальні активності: опрацювання теоретичного матеріалу, аналіз прикладу онтології курсу, участь у форумному обговоренні та побудова спрощеної схеми зв'язків між поняттями.

Оцінювальними доказами в такому разі можуть слугувати коротке письмове пояснення, схема понять, відповідь на відкриті тестове завдання або коротке есе. Якщо ж задекларований результат навчання належить до рівня «пояснювати», а як єдиний доказ використовується лише тест множинного вибору на впізнавання термінів, то семантичне узгодження буде обмеженим: формальний зв'язок між елементами існуватиме, але тип доказу не повністю відповідатиме характеру освітнього результату.

Це показує, що запропонована модель може бути розширена не лише до фіксації наявності зв'язку, а й до оцінювання його сили, релевантності та повноти

4. Обговорення результатів

Перевага запропонованої моделі полягає в тому, що вона дає змогу розглядати електронний курс як семантично впорядковану структуру, а не як набір слабо пов'язаних елементів. У такому підході результати навчання, активності та оцінювальні докази набувають статусу формалізованих сутностей, між якими можна виявляти розриви, дублювання, надлишковість або неповне покриття.

Практично це створює основу для кількох важливих застосувань. По-перше, модель може бути використана на етапі проектування курсу як засіб перевірки його внутрішньої логіки. По-друге, вона придатна для експертної оцінки вже розроблених курсів у системах керування навчанням. По-третє, на її основі можуть бути створені програмні засоби автоматизованої перевірки та аналізу, здатні виявляти структурні неузгодженості курсу без суцільного ручного перегляду всіх його складників.

Особливо корисною така модель є для міждисциплінарних електронних курсів, де різні змістові блоки можуть належати до кількох предметних галузей і тому потребують додаткового рівня формального узгодження.

Водночас модель має певні обмеження. Її результативність залежить від якості формулювання результатів навчання, коректності визначення навчальних

активностей і належної інтерпретації оцінювальних доказів. Крім того, формальна наявність зв'язку ще не завжди означає належну педагогічну відповідність. Тому подальший розвиток підходу доцільно пов'язати з уведенням типів доказів, рівнів пізнавальної складності та правил логічної перевірки семантичних зв'язків.

Висновки

У статті запропоновано онтологічну модель семантичного узгодження результатів навчання, навчальних активностей та оцінювальних доказів в електронному курсі. Показано, що внутрішня дидактична цілісність курсу визначається не лише наявністю цих складників, а передусім формалізованими зв'язками між ними.

Визначено базові сутності моделі, типи семантичних відношень та умову мінімальної узгодженості, яка полягає в наявності для кожного результату навчання повного ланцюга «результат навчання → навчальна активність → оцінювальний доказ».

Уведено часткові й інтегральний показники семантичного узгодження, які можуть бути використані для формалізованої перевірки внутрішньої логіки електронного курсу та як основа для подальшого автоматизованого аналізу.

Наукова новизна роботи полягає в розробленні моделі, що забезпечує формалізоване подання взаємозв'язків між результатами навчання, навчальними активностями та оцінювальними доказами як єдиної семантичної структури електронного курсу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості використання моделі під час проєктування електронних курсів, підвищення прозорості оцінювання, проведення експертної перевірки їхньої цілісності та створення підґрунтя для розроблення онтологічно керованих програмних засобів аналізу в системах дистанційного навчання.

Література

1. Yang L. Innovation of Higher Education Curriculum System Based on Interdisciplinary Integration. *Journal of Education and Educational Research*. 2025. Vol. 12, No. 3. P. 97–101. DOI: 10.54097/p7505088.
2. Petrenko M. G., Malakhov K. S. Systems Science: Digitalization of Transdisciplinary Research. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*. 2024. Vol. 10, No. 4. P. 342–352. DOI: 10.57417/jrnal.10.4_342.
3. Sabitova N., Tikhonov Y., Lakhno V., Makulov K., Kryvoruchko O., Chubaievskyi V., Desiatko A., Zhumadilova M. Optimization of computer ontologies for e-courses in information and communication technologies. *International Journal of Electronics and Telecommunications*. 2024. Vol. 70, No. 1. P. 191–197. DOI: 10.24425/ijet.2024.149530.
4. Палагин А. В., Петренко Н. Г., Тихонов Ю. Л., Могильный Г. А., Величко В. Ю., Семёнов В. В., Онощенко С. В. К вопросу применения онтологического подхода в образовании. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2014. № 5 (212). С. 94–106.
5. Palagin O., Petrenko M., Malakhov K. Challenges and Role of Ontology Engineering in Creating the Knowledge Industry: A Research-Related Design Perspective. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2024. Vol. 60, No. 4. P. 633–645. DOI: 10.1007/s10559-024-00702-6.
6. Villegas-Ch W., García-Ortiz J. Enhancing Learning Personalization in Educational Environments through Ontology-Based Knowledge Representation. *Computers*. 2023. Vol. 12, No. 10. Article 199. DOI: 10.3390/computers12100199.
7. Piriyaongpipat P., Goldin S., Ditcharoen N. An Alternative Approach to Ontology-Based Curriculum Development in Higher Education. *Smart Learning Environments*. 2024. Vol. 11. Article 20. DOI: 10.1186/s40561-024-00307-8.
8. Milosz M., Nazyrova A., Mukanova A., Bekmanova G., Kuzin D., Aimicheva G. Ontological Approach for Competency-Based Curriculum Analysis. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No. 7. Article e29046. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29046.
9. Abu-Salih B., Alotaibi S. A Systematic Literature Review of Knowledge Graph Construction and Application in Education. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No. 3. Article e25383. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25383.
10. Namahoot C. S., Namahoot K. S., Nuntawong C., Sukma N. ONTO-ALIGN: An Ontology-Based Framework for Evaluating Curriculum

Alignment with Educational Standards in Computer Science. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management. 2025. Vol. 20. Article 21. DOI: 10.28945/5600.

References

1. Yang L. Innovation of Higher Education Curriculum System Based on Interdisciplinary Integration. Journal of Education and Educational Research. 2025. Vol. 12, No. 3. P. 97–101. DOI: 10.54097/p7505088.
2. Petrenko M. G., Malakhov K. S. Systems Science: Digitalization of Transdisciplinary Research. Journal of Robotics, Networking and Artificial Life. 2024. Vol. 10, No. 4. P. 342–352. DOI: 10.57417/jrnal.10.4_342.
3. Sabitova N., Tikhonov Y., Lakhno V., Makulov K., Kryvoruchko O., Chubaievskiy V., Desiatko A., Zhumadilova M. Optimization of computer ontologies for e-courses in information and communication technologies. International Journal of Electronics and Telecommunications. 2024. Vol. 70, No. 1. P. 191–197. DOI: 10.24425/ijet.2024.149530.
4. Палагин А. В., Петренко Н. Г., Тихонов Ю. Л., Могильный Г. А., Величко В. Ю., Семенов В. В., Онопченко С. В. К вопросу применения онтологического подхода в образовании. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2014. № 5 (212). С. 94–106.
5. Palagin O., Petrenko M., Malakhov K. Challenges and Role of Ontology Engineering in Creating the Knowledge Industry: A Research-Related Design Perspective. Cybernetics and Systems Analysis. 2024. Vol. 60, No. 4. P. 633–645. DOI: 10.1007/s10559-024-00702-6.
6. Villegas-Ch W., García-Ortiz J. Enhancing Learning Personalization in Educational Environments through Ontology-Based Knowledge Representation. Computers. 2023. Vol. 12, No. 10. Article 199. DOI: 10.3390/computers12100199.
7. Piriyaongpipat P., Goldin S., Ditcharoen N. An Alternative Approach to Ontology-Based Curriculum Development in Higher Education. Smart Learning Environments. 2024. Vol. 11. Article 20. DOI: 10.1186/s40561-024-00307-8.
8. Milosz M., Nazyrova A., Mukanova A., Bekmanova G., Kuzin D., Aimicheva G. Ontological Approach for Competency-Based Curriculum Analysis. Heliyon. 2024. Vol. 10, No. 7. Article e29046. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29046.
9. Abu-Salih B., Alotaibi S. A Systematic Literature Review of Knowledge Graph Construction and Application in Education. Heliyon. 2024. Vol. 10, No. 3. Article e25383. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25383.
10. Namahoot C. S., Namahoot K. S., Nuntawong C., Sukma N. ONTO-ALIGN: An Ontology-Based Framework for Evaluating Curriculum Alignment with Educational Standards in Computer Science. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management. 2025. Vol. 20. Article 21. DOI: 10.28945/5600..

Дата першого надходження до видання:
10.06.2026

Внутрішня рецензія отримана: 29.06.2026

Зовнішня рецензія отримана: 03.07.2026

Дата прийняття статті до друку: 10.08.2026

Дата публікації: 29.08.2026

Про авторів:

Вихованець Дмитро Денисович,
аспірант,
Vychovanets Dmytro,
PhD student
<http://orcid.org/0009-0005-7564-1552>

Місце роботи авторів:

Інститут кібернетики НАН України,
Institute of Cybernetics of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Тел. (+38) (044) 526-20-08
E-mail: incyb@incyb.kiev.ua,
www.incyb.kiev.ua