

Розділ X. Композитне моделювання структурними рівняннями взаємозв'язку між інструментами Moodle та результатами навчання студентів

Семеріков С.О., Фадєєва Л.О.

Згідно з оглядом літератури [8–10], однією з майбутніх перспектив досліджень є розробка адаптивних систем навчання на основі систем управління навчанням (СУН), таких як Moodle. Осадчий [18] окреслив методи використання СУН Moodle для забезпечення індивідуалізації та персоналізації освіти у вищих навчальних закладах. Хоча Moodle не розроблений її розробниками як адаптивна система навчання, зростаюча популярність технології адаптивного навчання мотивувала розробників Moodle та інших програмістів покращувати її можливості в цій сфері [18, с. 37].

На думку Осадчого [18, с. 37], СУН Moodle надає наступні інструменти для реалізації індивідуального підходу:

1. Інструменти формування маршруту навчання (індивідуальної освітньої траєкторії) шляхом накладання необхідних обмежень на елементи навчання (відслідковування виконання елемента, відслідковування рівня оцінки).

2. Інструменти багатокритеріального оцінювання (довідник оцінювача, рубрики), які враховують складність матеріалу.

3. Інструменти, що дозволяють реалізувати багатоваріантну презентацію навчальної інформації в рамках єдиного дистанційного курсу.

4. Формування профілю презентації для кожної групи слухачів навчального матеріалу.

Moodle пропонує кілька функцій, які можуть підтримувати персоналізований досвід навчання:

1. *Модульна структура курсу*: контент може бути розділений на менші, легкозасвоювані модулі, що дозволяє студентам вчитися у власному темпі та зосереджуватися на конкретних областях, які їм потрібно покращити.

2. *Різноманіття активностей і ресурсів*: Moodle дозволяє викладачам включати різноманітні навчальні матеріали, такі як відео, вікторини та інтерактивні активності, які відповідають різним стилям і перевагам навчання.

3. *Адаптивний зворотний зв'язок і оцінювання*: Moodle може бути інтегрований з інструментами, які надають персоналізований зворотний зв'язок на основі успішності студентів, спрямовуючи їх до глибшого розуміння.

4. *Інтерактивні інструменти навчання*: такі функції, як форуми та дискусії, дозволяють навчання від одного до іншого та співпрацю, сприяючи залученню та спільноті.

Таким чином, СУН Moodle може використовуватися як адаптивна система навчання в певному контексті.

Багато робіт присвячено навчальній аналітиці та машинному навчанню в СУН Moodle [20]. Так, Абузінадах та ін. [4], Перес-Суай та ін. [19] і Кенсар і Вонг'ін [15] використовували методи інтелектуального аналізу освітніх даних (система на основі машинного навчання) для прогнозування академічної успішності студентів.

Деякі плагіни для адаптивного навчання були розроблені в останні роки (наприклад, Морено-Марко та ін. [17], Кран та ін. [16]) з використанням як керованих, так і некерованих методів машинного навчання (Васкес-Бермудес та ін. [22]).

Таким чином, останні розробки додають цінності твердженню про використання СУН Moodle як адаптивної системи навчання.

Згідно з [1], теорія навчання, що лежить в основі розробки Moodle, - це соціально-конструкціоністська педагогіка, яка поєднала конструкціонізм, соціальний конструктивізм та активне навчання.

За словами Джордан [14, с. 156], "в конструктивізмі знання будуються в розумі студента... коли вони пов'язують те, що вже знають... з... діяльністю, яку вони відчули. Активне залучення, дослідження, вирішення проблем і співпраця характеризують цей тип навчання, де викладача виступає в ролі наставника, фасилітатора та дослідника, який заохочує студентів ставити запитання, кидати

виклик і формулювати власні ідеї, думки та висновки. Соціальний конструктивізм як соціокультурна особливість конструктивізму стверджує, що соціальна взаємодія сприяє рефлексії, розвитку комунікативних навичок, глибокому концептуальному розумінню та знайомству з різними ідеями". Висновки Джордан [14] показали, що активності, які надає Moodle, дійсно сприяють конструктивістському підходу до навчання та можуть надати студентам такі види навчального досвіду, які вони бажають. Однак їх ефективність значною мірою залежить від ролі викладача в розробці та спрямуванні досвіду онлайн-навчання.

Зв'язок між навчанням і результатами студентів, які часто вимірюються за допомогою оцінок або балів, протягом століть був центральною темою в освіті. Традиційно цей зв'язок розглядався як лінійна прогресія:

Навчання → Оцінювання → Оцінки/Бали

Ця модель передбачає однаковий досвід навчання для всіх студентів, за яким слідує стандартизоване оцінювання, що визначає їхні оцінки. Однак цей спрощений підхід не враховує різноманітні потреби та стилі навчання окремих осіб, що потенційно перешкоджає залученню студентів і в кінцевому підсумку впливає на їхню успішність.

Щоб подолати ці обмеження, з'явилася концепція адаптивного навчання, спрямована на персоналізацію досвіду навчання для кожного студента. Цей підхід можна підсумувати наступним чином:

Адаптивне навчання → Персоналізований досвід навчання →
→ Більш високе залучення → Вищі оцінки/бали

Ця модель передбачає, що технології та аналітика даних можуть налаштувати середовища навчання під індивідуальні потреби та вподобання. Створюючи персоналізований досвід навчання, студенти більш імовірно будуть

залучатися до матеріалу, що призведе до глибшого розуміння і, зрештою, до вищих оцінок чи балів. У цьому контексті Moodle є потенційною платформою для сприяння кращим результатам студентів за допомогою практик адаптивного навчання.

У Криворізькому державному педагогічному університеті (Україна) наступні нормативні документи [2,3] визначають рекомендовану структуру курсу Moodle та оцінки, які можна об'єднати у п'ять конструктів:

1. Інформація: Повна назва курсу повинна починатися з коду, який відображає форму навчання (денна, заочна) та рівень освіти – бакалавр або магістр. Також надається семестр, у якому викладається дисципліна, та викладачі [2, с. 6, 9, 13], і статус курсу (нормативна або вибіркова навчальна дисципліна). З анотації курсу [2, с. 13-14] можна отримати такі дані: 1) *форма навчання*, 2) *рівень освіти*, 3) *семестр* (1-8), 4) *статус* і 5) *кількість викладачів*, які разом утворюють конструкт Інформація.

2. Ресурси: "Обов'язковими елементами курсу є: загальна інформація про навчальну дисципліну [*Label*]...; інформація про викладача... - у вигляді ресурсу типу *Сторінка*; *URL-адреса* до робочої програми навчальної дисципліни... і *силабусу* [2, с. 14]. «Курс може також містити:... *Книги*» [2, с. 16] Ресурси, не регламентовані нормативним актом, але можуть використовуватися в курсах: *Папка* і *Файл*. Усі ці 6 ресурсів разом утворюють конструкт Ресурси.

3. Активності: «Складові частини курсів в основному оформляються у вигляді: *Завдання, Тест, SCORM, Глосарій, Урок, Зворотний зв'язок*» [2, с. 16], *H5P, HotPot, Опитування, База даних, Вибір, Відвідуваність, Вікі, Зовнішній інструмент LTI, Семінар*. Всі ці 15 видів діяльності разом утворюють конструкт Активності.

4. Комунікація: «*Форум*, зокрема, оголошення (форум новин) забезпечує анонсування подій, повідомлення про зміни в курсі тощо; форум для запитань викладачеві – забезпечує спілкування між викладачем і студентами стосовно проблем, питань, які виникають під час вивчення дисципліни» [2, с. 16]. Для цього також можна використовувати *чат*. Ці дві активності утворюють

конструкт Комунікація.

5. Оцінювання: «Підсумкова оцінка успішності студента визначається за 100-бальною шкалою, шкалою ЄКТС і національною шкалою оцінювання» [3, с. 4]. Всі ці шкали тісно пов'язані; тому можна використовувати 6-бальну модифіковану шкалу ЄКТС: А (найвищий бал), В, С, D, Е (найнижчий прохідний бал), F/FX (не здано).

Згідно з соціально-конструкціоністською педагогікою, ці конструкти можуть бути тісно пов'язані:

- *Інформація* є єдиною точкою входу до кожного курсу, тому інші конструкти пов'язані з нею;

- *Ресурси* використовуються студентами для формування розуміння та підготовки до *Активностей*;

- *Активності* використовуються викладачами для залучення студентів до вирішення проблем, досліджень і практичного досвіду з використанням *Комунікації*, такої як онлайн-спільноти та групова робота;

- *Комунікація* сприяє взаємодії та набуттю знань через дискусії та спільні проекти для поглиблення розуміння;

- *Оцінювання* вимірює спостережувані результати і фокусується на розумінні того, як студенти будують знання і застосовують їх у реальних контекстах.

Мета дослідження – визначити, чи сприяє використання Moodle (його ресурсів і активностей) персоналізації навчання, а саме, чи пов'язаний зміст курсу в Moodle з різними ресурсами та активностями з результатами навчання студентів.

Цю мету можна переформулювати у визначених термінах таким чином:

1. Наскільки взаємопов'язані внутрішні конструкти Moodle, такі як *Інформація*, *Ресурси*, *Активності* та *Комунікація*?

2. Як пов'язані між собою внутрішні конструкти Moodle (*Інформація*, *Ресурси*, *Активності* та *Комунікація*) і зовнішній конструкт *Оцінювання*?

Було розроблено концептуальну модель, що базується на пропозиціях, представлених на рисунку 1, та гіпотези дослідження:

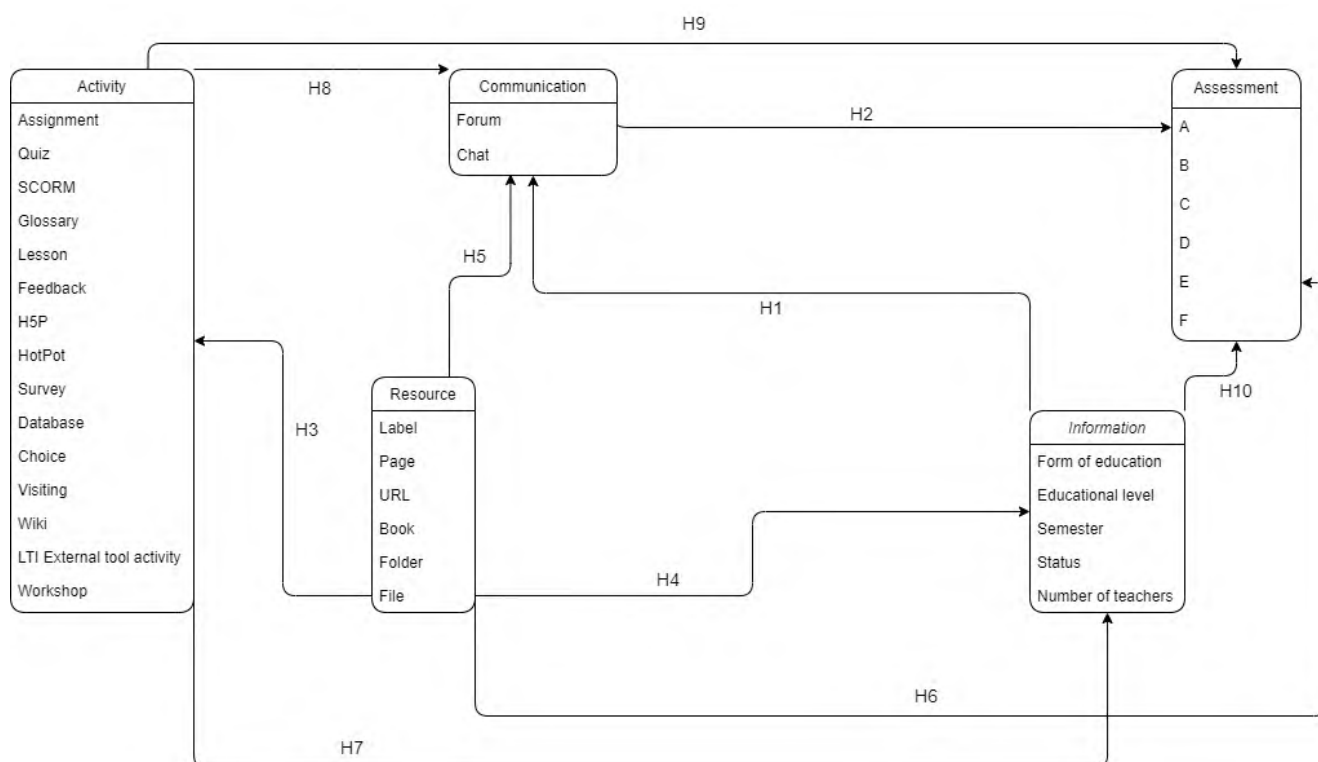


Рис. 1. Концептуальна модель взаємозв'язку між інструментами Moodle та результатами навчання студентів.

H1: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Інформація та конструктом Комунікація в курсі Moodle.

H2: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Комунікація курсу Moodle і зовнішнім конструктом Оцінювання.

H3: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Ресурси та конструктом Активності в курсі Moodle.

H4: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Ресурси та конструктом Інформація в курсі Moodle.

H5: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Ресурси та конструктом Комунікація в курсі Moodle.

H6: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Ресурси курсу Moodle і

зовнішнім конструктом Оцінювання.

H7: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Активності та конструктом Інформація в курсі Moodle.

H8: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Активності та конструктом Комунікація в курсі Moodle.

H9: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Активності курсу Moodle і зовнішнім конструктом Оцінювання.

H10: Існує значний взаємозв'язок між конструктом Інформація курсу Moodle і зовнішнім конструктом Оцінювання.

Дизайн дослідження. У дослідженні використовувався кількісний підхід для вивчення та перевірки запропонованих гіпотез. Зокрема, для створення моделі та дослідження сили та надійності зв'язків між конструктами використовувався метод моделювання структурними рівняннями – часткові найменші квадрати (SEM-PLS).

Підхід SEM-PLS є потужним статистичним методом, який поєднує факторний аналіз і аналіз шляхів, що дозволяє дослідникам одночасно вивчати взаємозв'язки між кількома незалежними та залежними змінними [12, с. 96]. Цей метод має перевагу при роботі зі складними моделями, що включають латентні змінні, які не можна безпосередньо спостерігати або вимірювати.

Аналіз даних і оцінка моделі проводилися з використанням Adanco, спеціалізованого програмного пакету для моделювання SEM-PLS [11]. Adanco відомий своїми ефективними та надійними алгоритмами, що дозволяє дослідникам швидко й точно обробляти великі набори даних. Це програмне забезпечення полегшило оцінку параметрів моделі, оцінку моделі вимірювання та оцінку структурної моделі [13], тим самим надаючи уявлення про взаємозв'язки між досліджуваними конструктами.

Збір даних. Для емпіричного аналізу використовувалися дані Криворізького державного педагогічного університету (КДПУ). Збір і

оцифрування даних про успішність студентів за всіма спеціальностями університету за 2020-2021 (зимова і літня сесії) і 2021-2022 (зимова сесія) навчальні роки були схвалені рішенням ректора КДПУ та етичною комісією університету 26 січня 2024 року.

Плагін *Course module instances report* [21] був встановлений і використаний для експорту таблиці з даними курсу (рис. 2):

- *Course name* – оригінальна назва курсу з сайту Moodle КДПУ (<https://moodle.kdpu.edu.ua>);

- *Course ID* – унікальний номер (3..10062), який ідентифікував курс; він може бути корисним для курсів з однаковими назвами;

- *Root category* – коренева категорія курсу, що використовується в КДПУ.

Кожна категорія була закодована унікальним номером таким чином:

1. Природничий факультет
2. Психолого-педагогічний факультет
3. Факультет географії, туризму та історії
4. Факультет педагогічної освіти
5. Факультет іноземних мов
6. Факультет мистецтв
7. Факультет української філології
8. Фізико-математичний факультет
9. Загальноуніверситетські кафедри та підрозділи

- *Category* – додаткова категорія курсу, яка в подальшому не враховувалась;

- *Module types*: H5P, HotPot, SCORM, URL, Survey, Database, Choice, Visiting, Wiki, Glossary, Assignments, Feedback, LTI External tool activity, Book, Label, Workshop, Page, Folder, Quiz, Lesson, File, Forum, Chat;

- *Instances* – кількість екземплярів модуля, що використовувалися в курсі.

	A	B	C	D	E	F
1	Course name	Course ID	Root category	Category	Module type	Instances
17976	Шкільний курс інформатики (ТОАск)	3902	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Форум	1
17977	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	URL (веб-посилання)	17
17978	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Завдання	10
17979	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Файл	10
17980	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Тест	7
17981	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Сторінка	4
17982	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Чат	1
17983	Шкільний курс інформатики (ТОАск19, 2 курс, частина 2)	4384	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Форум	1
17984	Шкільний курс інформатики (ХІ/ТОА/ТОКМО)	320	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Завдання	3
17985	Шкільний курс інформатики (ХІ/ТОА/ТОКМО)	320	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	Форум	1
17986	Шкільний курс інформатики (ХІ/ТОА/ТОКМО)	320	Фізико-математичний факультет	Архів курсів	URL (веб-посилання)	1

Рис. 2. Електронна таблиця з даними курсу (фрагмент).

Загальна кількість записів, отриманих на 07.04.2024, становила 25595. Після отримання списку всіх курсів, з загального переліку були вилучені курси, що не мають освітнього призначення (опитування, сервісні тощо) та курси, що викладаються в аспірантурі. Загальна кількість записів після видалення становить 17985.

На основі експортованих невилучених даних була побудована нова таблиця (табл. 1). Загальна кількість курсів у таблиці становить 3600. Також було додано інформаційний блок (дані були вилучені вручну з анотацій курсів у Moodle), включаючи форму навчання, рівень освіти, семестр, статус і кількість викладачів.

Таблиця 1

Поля даних

Індикатор	Опис
Ідентифікатор курсу	унікальний номер (3..10062), що ідентифікує курс
Категорія	ідентифікатор кореневої категорії курсу (1..9)
Форма навчання	1 - курс тільки для денної форми навчання, 2 - курс для заочної форми навчання, 3 - курс для денної та заочної форми навчання
Семестр	семестр, в якому закінчується курс (1..8)
Статус	1 - нормативний курс, 2 - факультативний курс
Рівень освіти	1 - бакалаврський рівень, 2 - магістерський рівень
Кількість викладачів	Кількість викладачів, пов'язаних з курсом (1..9)
Н5Р	Кількість екземплярів активності Н5Р, використаних у курсі (0..3)

Індикатор	Опис
HotPot	Кількість екземплярів активності HotPot, використаних у курсі (0..3)
SCORM	Кількість екземплярів активності SCORM, використаних у курсі (0..15)
URL	Кількість URL ресурсів, використаних у курсі (0..83)
Опитування	Кількість екземплярів активності Опитування, використаних у курсі (0..1)
База даних	Кількість екземплярів активності База даних, використаних у курсі (0..9)
Вибір	Кількість екземплярів активності Вибір, використаних у курсі (0..1)
Відвідуваність	Кількість екземплярів активності Відвідуваність, використаних у курсі (0..3)
Вікі	Кількість екземплярів вікі-активностей, використаних у курсі (0..11)
Глосарій	Кількість екземплярів активності Глосарій, використаних у курсі (0..5)
Завдання	Кількість екземплярів активності Завдання, використаних у курсі (0..142)
Зворотній зв'язок	Кількість екземплярів активності Зворотній зв'язок, використаних у курсі (0..2)
Зовнішній інструмент LTI	Кількість екземплярів активності Зовнішній інструмент LTI, використаних у курсі (0..1)
Книга	Кількість екземплярів ресурсу Книга, використаних у курсі (0..20)
Мітка	Кількість екземплярів ресурсу Мітка, використаних у курсі (0..117)
Семінар	Кількість екземплярів активності Семінар, використаних у курсі (0..25)
Сторінка	Кількість екземплярів ресурсу Сторінка, використаних у курсі (0..53)
Папка	Кількість екземплярів ресурсу Папка, що використовуються в курсі (0..22)
Вікторина	Кількість екземплярів діяльності Вікторина, використаних у курсі (0..93)
Урок	Кількість екземплярів активності Урок, використаних у курсі (0..17)
Файл	Кількість екземплярів ресурсу File, використаних у курсі (0..54)
Форум	Кількість екземплярів комунікаційної активності Форум, використаних у курсі (0..13)

Індикатор	Опис
Чат	Кількість екземплярів комунікаційної активності Чат, використаних у курс (0..1)
A	Кількість оцінок A серед підсумкових оцінок за курс
A%	Відсоток оцінок A серед підсумкових оцінок за курс
B	Кількість оцінок B серед підсумкових оцінок за курс
B%	Відсоток оцінок B серед підсумкових оцінок за курс
C	Кількість оцінок C серед підсумкових оцінок за курс
C%	Відсоток оцінок C серед підсумкових оцінок за курс
D	Кількість оцінок D серед підсумкових оцінок за курс
D%	Відсоток оцінок D серед підсумкових оцінок за курс
E	Кількість оцінок E серед підсумкових оцінок за курс
E%	Відсоток оцінок E серед підсумкових оцінок за курс
F	Кількість оцінок Fx та F серед підсумкових оцінок за курс
F%	Відсоток оцінок Fx та F серед підсумкових оцінок курсу

Після цього було заповнено відповідні курси з оцінками студентів. Цей процес був завершений, і кількість курсів скоротилася до 985, оскільки нові курси, що не викладалися з 2020 по 2022 рік, були виключені.

Підготовлений набір даних з 985 спостережень без пропущених значень доступний на сайті Zenodo [7].

Побудова моделі. Підготовлений набір даних [7] був імпортований в Adanco 2.4. Потім з показників, перелічених у таблиці 1, було створено п'ять конструктів (табл. 2).

Таблиця 2

Конструкти композитної моделі

Ім'я	Тип	Індикатори
Інформація	Виникаючий	Форма навчання, Рівень освіти, Семестр, Статус, Кількість викладачів
Ресурси	Виникаючий	Мітка, Сторінка, URL, Книга, Папка, Файл
Активності	Виникаючий	Завдання, Тест, SCORM, Глосарій, Урок, Зворотній зв'язок, H5P, HotPot, Опитування, База даних, Вибір, Відвідуваність, Вікі, Зовнішній інструмент LTI, Семінар
Комунікація	Виникаючий	Форум, Чат
Оцінювання	Латентний	A, B, C, D, F

У моделюванні структурними рівняннями конструкти можна класифікувати на виникаючі (емерджентні) та латентні. Вибір між виникаючими та латентними конструктами залежить від природи змінних.

Виникаючі конструкти, або композитні чи формативні конструкти, утворюються шляхом комбінування або "спричинення" набору спостережуваних показників або змінних. Іншими словами, показники колективно визначають і зумовлюють конструкт. Не обов'язково очікується, що показники будуть корелювати, і конструкт є лінійною комбінацією цих показників. У таблиці 2 такі конструкти визначені як виникаючі: Інформація, Ресурси, Активності та Комунікація. Вибір виникаючого типу для цих конструктів є доцільним, оскільки передбачається, що показники визначають або зумовлюють конструкт, а не є проявами чи наслідками конструкту.

Латентні або рефлексивні конструкти є неспостережуваними або невимірюваними змінними, які, як передбачається, спричиняють або впливають на набір спостережуваних показників або змінних. У таблиці 2 конструкт Оцінювання визначений як латентний. Латентний тип для конструкту Оцінювання є доцільним, оскільки передбачається, що показники (A, B, C, D, F) є відображеннями або проявами основного конструкту оцінювання. Іншими словами, конструкт Оцінювання, як передбачається, спричиняє або впливає на спостережувані показники.

Джерелом показників для виникаючих конструктів є дані, експортовані безпосередньо з Moodle (спостережувані в Moodle). Джерелом показників для латентного конструкту є дані про успішність студентів, оцифровані з оціночних аркушів (не спостережувані в Moodle). Виникаючі конструкти утворюються комбінацією показників, спостережуваних в Moodle, тоді як латентний конструкт, як передбачається, спричиняє або впливає на спостережувані показники.

Останнім кроком було встановлення лінійного зв'язку між конструктами відповідно до гіпотез (рис. 3, табл. 3).

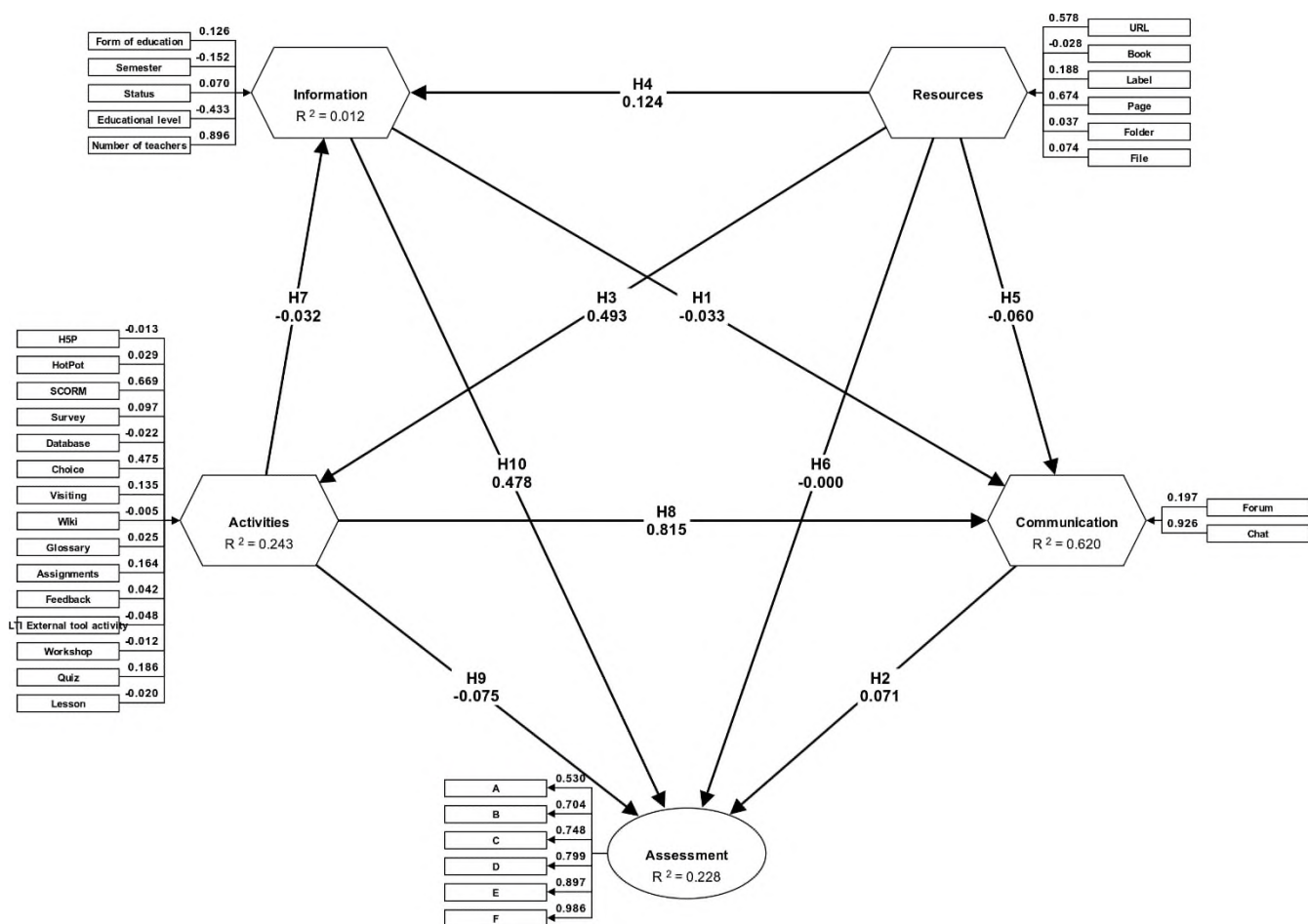


Рис. 3. Концептуальна модель в Adanco 2.4.

Таблиця 3

Матриця проєктування

Незалежна змінна	Залежна змінна				
	Інформація	Активності	Ресурси	Комунікація	Оцінювання
Інформація	0	0	0	1	1
Активності	1	0	0	1	1
Ресурси	1	1	0	1	1
Комунікація	0	0	0	0	1
Оцінювання	0	0	0	0	0

Результати

Налаштування алгоритму

Ми використали ADANCO для побудови моделі та навчили модель [6] з такими налаштуваннями:

- критерієм для зупинки процесу оптимізації було $1 \cdot 10^{-6}$: коли покращення відповідності моделі падає нижче цього порогу, процес оптимізації зупиняється;

- максимальна кількість ітерацій, дозволених для процесу оптимізації, становила 2000. Однак ітеративний алгоритм збігається після 18 ітерацій (див. історію ітерацій на https://ssemmerikov.github.io/Fadieieva/#technical_output), тому процес не досягає цієї межі;

- внутрішня схема зважування алгоритму ADANCO базувалася на факторах (*факторіальна схема*). Ця схема використовувала безпосередньо кореляцію між змінними (альтернативна центроїдна схема використовувала лише знак функції кореляції, що було грубіше в цілому);

- обробка пропущених значень, таку як поелементне видалення, не застосовувалась, оскільки вихідні дані *не містять пропущених значень* у жодній змінній;

- використовувались методи повторної вибірки (зокрема, бутстреп для статистики виведення), щоб оцінити вибірковий розподіл статистики [11, с. 15-17];

- оцінювалась відповідність основної моделі.

Відповідність

Таблиця 4 містить статистику відповідності (goodness-of-fit) для моделі.

Таблиця 4

Статистика відповідності моделі

	Значення	HI95	HI99
<i>SRMR</i>	0,0546	0,0844	0,0924
<i>d_{ULS}</i>	1,7755	4,2361	5,0810
<i>d_G</i>	0,8083	240,4797	346,0613

Стандартизоване середньоквадратичне залишкове відхилення *SRMR* вимірює розбіжність між спостережуваними кореляціями та передбаченими моделлю. Низьке значення *SRMR* (0,0546) свідчить про гарну відповідність.

Незважена відстань за методом найменших квадратів *d_{ULS}* вимірює

розбіжність між спостережуваними та відтвореними попарними відстанями між вибірками. Вона відображає, наскільки добре модель відтворює відстані між вибірками. Низьке значення (1,7755) вказує на гарну відповідність.

Геодезична розбіжність d_G – це інший підхід до кількісної оцінки того, наскільки сильно емпірична кореляційна матриця відрізняється від матриці кореляції, передбаченої моделлю. Низьке значення (0,8083) свідчить про гарну відповідність.

HI95 (95% інтервал найвищої щільності) і HI99 (99% інтервал найвищої щільності) надають інтервали невизначеності. Розраховані значення є меншими за відповідні значення HI95 для всіх тестів. Це свідчить про те, що модель добре узгоджується з даними, оскільки статистичні дані знаходяться в прийнятному діапазоні, враховуючи невизначеність в їхніх оцінках.

Оцінка параметрів моделі вимірювання

Коефіцієнт ρ Дейкстри-Хенселера (ρ_A) вимірює внутрішню узгодженість надійності конструктів у моделі. Вона коливається від 0 до 1, де вищі значення вказують на більшу надійність. У нашому випадку ρ_A для конструкту Оцінювання (єдиного конструкту з латентними змінними) становить 0,9267, що свідчить про високий рівень внутрішньої узгодженості між елементами, які вимірюються за конструктом: кількістю оцінок A, B, C, D, E, F/Fx відповідно.

Коефіцієнт ρ Йорескога (ρ Діллона-Голдштейна, ω Макдональда), або композитна надійність (ρ_c), вимірює внутрішню узгодженість надійності сумарних оцінок. Значення, ближче до 1, вказує на вищу надійність. У нашому випадку $\rho_c = 0,9063$, що свідчить про хорошу внутрішню узгодженість між елементами.

Коефіцієнт α Кронбаха є нижньою оцінкою надійності сумарних оцінок. Як і попередні показники, воно коливається від 0 до 1, де вищі значення вказують на більшу надійність. Наше значення α становить 0,9122, що свідчить про високу внутрішню узгодженість між елементами.

Середня вилучена дисперсія (AVE) дорівнює середній надійності індикатора. AVE зазвичай інтерпретується як міра одномірності. Воно

коливається від 0 до 1, де вищі значення вказують на те, що індикатори пояснюють більшу частку дисперсії в конструктах. Значення $AVE = 0,6252$ вказує на те, що в середньому близько 62,52% дисперсії конструктів пояснюється їхніми відповідними індикаторами. Значення AVE більше за 0,5, що свідчить про хорошу збіжну валідність.

Діагональне значення AVE (табл. 5) є більшим за інші значення коефіцієнтів кореляції в матриці, що свідчить про відмінну дискримінантну валідність.

Таблиця 6 представляє факторні навантаження для індикаторів по п'яти конструктах: Інформація, Ресурси, Активності, Комунікація та Оцінювання. Факторні навантаження вказують на силу та напрямок зв'язку між індикатором і відповідним конструктом.

Таблиця 5

Дискримінантна валідність (критерій Форнелла-Ларкера)

Конструкти	Інформація	Активності	Ресурси	Комунікація	Оцінювання
Інформація	-				
Активності	0,0008	-			
Ресурси	0,0117	0,2429	-		
Комунікація	0,0003	0,6158	0,1145	-	
Оцінювання	0,2257	0,0000	0,0015	0,0000	0,6252

Таблиця 6

Факторні навантаження індикаторів

Конструкт	Індикатор	Факторне навантаження	Інтерпретація зв'язку з конструктом
Інформація	Форма навчання	0,1319	слабкий позитивний
	Семестр	0,0385	дуже слабкий позитивний
	Статус	-0,0065	дуже слабкий негативний
	Рівень освіти	-0,3894	помірний негативний
	Кількість викладачів	0,9158	дуже сильний позитивний
Ресурси	URL	0,7118	сильний позитивний
	Книга	-0,0277	дуже слабкий негативний
	Мітка	0,2972	помірний позитивний
	Сторінка	0,7864	сильний позитивний
	Папка	0,0114	дуже слабкий позитивний

Конструкт	Індикатор	Факторне навантаження	Інтерпретація зв'язку з конструктом
	<i>Файл</i>	0,0139	дуже слабкий позитивний
Активності	<i>H5P</i>	0,0028	дуже слабкий позитивний
	HotPot	0,0519	слабкий позитивний
	SCORM	0,7048	сильний позитивний
	Опитування	0,1590	помірний позитивний
	<i>База даних</i>	-0,0204	дуже слабкий негативний
	Вибір	0,6384	сильний позитивний
	Відвідуваність	0,2762	помірний позитивний
	<i>Вікі</i>	0,0376	дуже слабкий позитивний
	Глосарій	0,3940	помірний позитивний
	Завдання	0,5372	сильний позитивний
	Зворотній зв'язок	0,0723	слабкий позитивний
	<i>Зовнішній інструмент</i>		
	<i>LTI</i>	-0,0004	дуже низький
	<i>Семінар</i>	-0,0249	дуже слабкий негативний
	Вікторина	0,4063	помірний позитивний
	Урок	0,3057	помірний позитивний
Комунікація	Форум	0,4608	помірний позитивний
	Чат	0,9820	дуже сильний позитивний
Оцінювання	A	0,5303	дуже сильний позитивний
	B	0,7038	дуже сильний позитивний
	C	0,7485	дуже сильний позитивний
	D	0,7986	дуже сильний позитивний
	E	0,8967	дуже сильний позитивний
	F	0,9863	дуже сильний позитивний

Після аналізу таблиці 6 у кожному конструкті були виділені індикатори, які мають найбільш сильні (жирним шрифтом) і слабкі (курсивом) зв'язки. Рівень освіти має помірно негативне навантаження (-0,3894), що вказує на зворотний зв'язок з конструктом Інформація. Відповідно до обраного кодування цього індикатора (табл. 1), курси Moodle для студентів бакалаврату краще описані у їхніх вступних і силабусах, ніж для студентів магістратури. У конструкті Інформація такі індикатори, як Кількість викладачів, вносять значний внесок (0,9158), тоді як інші, такі як Семестр або Статус, мають відносно незначний вплив на конструкт. У конструкті Ресурси URL-адреси, Мітки та Сторінки відіграють значну роль, тоді як такі індикатори, як Книжки або Папки, мають відносно незначний вплив на конструкт. У конструкті

Активності такі активності, як SCORM, Вибір і Завдання, відіграють значну роль; інші, такі як H5P або Семінари, мають відносно незначний вплив. Активності Чату помітно вносять значний внесок у конструкт Комунікації, тоді як Форуми також відіграють суттєву роль у полегшенні спілкування між учнями та викладачами.

У конструкті Оцінювання всі індикатори вносять значний внесок, причому такі індикатори, як F (0,9863), відіграють особливо помітну роль в оцінці успішності студентів. Для оцінки надійності індикаторів були розраховані квадрати стандартизованих навантажень.

1. Індикатор F (найнижча оцінка/незадовільно) має надзвичайно високу надійність 0,9728 при вимірюванні конструкту Оцінювання. Це свідчить про те, що незадовільна оцінка є надійним індикатором поганої успішності.

2. Індикатор E (низька оцінка) також має високу надійність - 0,8041, що означає, що низькі оцінки є надійними індикаторами гірших результатів оцінювання.

3. У міру покращення оцінок від D (0,6377) до C (0,5602) до B (0,4954) надійність індикатора зменшується. Це означає, що вищі оцінки стають менш надійними показниками конструкту Оцінювання.

4. Індикатор A (найвища оцінка/задовільно) має найнижчу надійність 0,2812. Висока оцінка не є надійним індикатором конструкту Оцінювання, ймовірно, тому, що конструкт охоплює діапазон результатів оцінювання, а не лише найвищий рівень успішності.

У цьому контексті значення надійності узгоджуються з очікуванням, що нижчі оцінки є більш надійними індикаторами поганої успішності. Порівняно з цим, вищі оцінки є менш надійними індикаторами загального конструкту Оцінювання, який включає діапазон рівнів успішності.

Факторні навантаження індикаторів відображають кореляцію між кожним індикатором і відповідним конструктом, тоді як вагові коефіцієнти індикаторів (табл. 7) відображають внесок кожного індикатора у відповідний конструкт. Вагові коефіцієнти та індикаторні навантаження узгоджуються та позитивно

корелюють, що свідчить про надійність моделі.

Оскільки конструкт Оцінювання є латентним, його індикаторні навантаження розміщені в концептуальній моделі. Оскільки всі конструкти, крім Оцінювання, є виникаючими, їх вагові коефіцієнти розміщені в концептуальній моделі (рис. 3).

Таблиця перехресних навантажень показує кореляції між кожною індикаторною змінною та композитними конструктами моделі. Щоб оцінити дискримінантну валідність моделі вимірювання, ми повинні дослідити, чи кожен індикатор найбільше навантажений на передбачуваний конструкт. Як видно із таблиці 8, всі індикатори найбільше навантажені на передбачувані конструкти.

Таблиця 7

Вагові коефіцієнти індикаторів

Конструкт	Індикатор	Вага
Інформація	Форма навчання	0,1256
	Семестр	-0,1519
	Статус	0,0704
	Рівень освіти	-0,4335
	Кількість викладачів	0,8964
Ресурси	URL	0,5784
	Книга	-0,0281
	Мітка	0,1875
	Сторінка	0,6743
	Папка	0,0366
	Файл	0,0740
Активності	H5P	-0,0131
	HotPot	0,0294
	SCORM	0,6686
	Опитування	0,0974
	База даних	-0,0216
	Вибір	0,4750
	Відвідуваність	0,1354
	Вікі	-0,0046
	Глосарій	0,0251
	Завдання	0,1644
	Зворотній зв'язок	0,0416
	Зовнішній інструмент LTI	-0,0480
	Семінар	-0,0125

Конструкт	Індикатор	Вага
Комунікація	Вікторина	0,1857
	Урок	-0,0200
	Форум	0,1970
	Чат	0,9259
Оцінювання	A	0,1361
	B	0,1806
	C	0,1921
	D	0,2049
	E	0,2301
	F	0,2531

Таблиця 8

Перехресні навантаження

Індикатор	Інформація	Активності	Ресурси	Комунікація	Оцінювання	Інтерпретація
Форма навчання	0,1319	-0,0611	-0,1165	-0,0499	0,0973	позитивно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням
Семестр	0,0385	0,0418	-0,0003	0,0071	0,0170	слабко позитивно пов'язаний з усіма факторами
Статус	-0,0065	-0,0267	0,0253	-0,0368	-0,0091	слабко негативно пов'язаний з Комунікацією
Рівень освіти	-0,3894	-0,0591	-0,0963	-0,0388	-0,1702	сильно негативно пов'язаний з усіма факторами, особливо з Інформацією та Оцінюванням
Кількість викладачів	0,9158	0,0215	0,0883	-0,0259	0,4376	сильно позитивно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, посередньо пов'язаний з іншими
H5P	0,0004	0,0028	0,0116	-0,0042	-0,0007	слабко позитивно пов'язаний з Ресурсами
HotPot	0,0323	0,0519	0,0952	-0,0042	-0,0154	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами
SCORM	-0,0153	0,7048	0,2474	0,6172	-0,0141	тісно пов'язаний з Комунікацією та Оцінюванням, помірно з іншими
URL	0,1213	0,3409	0,7118	0,2396	0,0418	тісно пов'язаний з Комунікацією та Ресурсами, помірно з іншими
Опитування	-0,0337	0,1590	0,2310	0,0302	-0,0132	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами

Індикатор	Інформація	Активності	Ресурси	Комунікація	Оцінювання	Інтерпретація
База даних	0,0261	-0,0204	-0,0278	-0,0042	0,2512	слабко позитивно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням
Вибір	0,0066	0,6384	0,2785	0,5240	-0,0148	тісно пов'язаний з Комунікацією та Оцінюванням, помірно з іншими
Відвідуваність	0,0177	0,2762	0,2379	0,1523	-0,0258	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами
Вікі	-0,0293	0,0376	0,0554	0,0073	-0,0200	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами
Глосарій	0,0267	0,3940	0,2797	0,2550	0,0017	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами
Завдання	0,0140	0,5372	0,3588	0,3625	-0,0015	тісно пов'язаний з Комунікацією та Оцінюванням, помірно з іншими
Зворотній зв'язок	-0,0056	0,0723	0,1452	-0,0119	-0,0154	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами
Зовнішній інструмент LTI	0,0220	-0,0004	0,0045	-0,0042	-0,0134	слабко негативно пов'язаний з Комунікацією
Книга	-0,0266	-0,0096	-0,0277	-0,0042	-0,0350	слабко негативно пов'язаний з Комунікацією
Мітка	-0,0159	0,1772	0,2972	0,0747	-0,0222	слабко позитивно пов'язаний з Активностями та Ресурсами
Семінар	-0,0105	-0,0249	-0,0300	-0,0080	0,0191	слабко позитивно пов'язаний з Інформацією
Сторінка	0,0458	0,3904	0,7864	0,2757	0,0184	тісно пов'язаний з Комунікацією та Ресурсами, помірно з іншими
Папка	0,1094	-0,0039	0,0114	-0,0170	0,0022	слабко позитивно пов'язаний з Інформацією
Вікторина	0,1860	0,4063	0,3621	0,2116	0,1159	тісно пов'язаний з Комунікацією та Оцінюванням, помірно з іншими
Урок	-0,0036	0,3057	0,1031	0,2702	-0,0108	слабко позитивно пов'язаний з Ресурсами
Файл	0,0715	-0,0128	0,0139	0,0042	0,0645	слабко позитивно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням
Форум	-0,0164	0,3385	0,2090	0,4608	-0,0093	тісно пов'язаний з Комунікацією та Оцінюванням, помірно з

Індикатор	Інформація	Активності	Ресурси	Комунікація	Оцінювання	Інтерпретація
						іншими
Чат	-0,0141	0,7755	0,3209	0,9820	0,0067	тісно пов'язаний з Комунікацією та Оцінюванням, помірно з іншими
A	0,2548	-0,0122	-0,0170	-0,0011	0,5303	тісно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, помірно з іншими
B	0,3368	-0,0101	-0,0048	0,0074	0,7038	тісно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, помірно з іншими
C	0,3586	-0,0145	-0,0076	-0,0165	0,7485	тісно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, помірно з іншими
D	0,3812	-0,0190	0,0079	-0,0081	0,7986	тісно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, помірно з іншими
E	0,4230	0,0198	0,0732	0,0257	0,8967	тісно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, помірно з іншими
F	0,4643	0,0005	0,0910	0,0075	0,9863	тісно пов'язаний з Інформацією та Оцінюванням, помірно з іншими

Високі позитивні значення перехресних навантажень (вище 0,3) свідчать про те, що індикатор сильно пов'язаний із зазначеним конструктом. Низькі позитивні значення (приблизно від 0,1 до 0,3) вказують на помірний зв'язок між індикатором і конструктом. Значення, близькі до нуля (приблизно 0,0), свідчать про те, що індикатор слабо пов'язаний з цим конструктом і може не бути хорошим показником.

Зазвичай рекомендується видаляти індикатори зі стабільно низькими значеннями навантажень (близькими до нуля або принаймні меншими за 0,1) по всіх конструктах. Таким чином, наступні індикатори можуть бути видалені: Семестр, Статус, H5P, HotPot, Вікі, Книга, LTI Зовнішній інструмент, Семінар і

Файл. Це може означати, що такі фактори, як Семестр, у якому ведеться курс, і Статус курсу (нормативний або факультативний), недостатні в цій моделі. За винятком Файла, інші показники рідко зустрічаються в курсах: 3 активності H5P містять лише курс з ідентифікатором 3314, 3 активності HotPot містять лише курс з ідентифікатором 182, 24 активності Вікі є в 4 курсах з 985, 75 ресурсів Книга є в 24 курсах з 985, 1 активність Зовнішній інструмент LTI лише в курсі з ідентифікатором 4248, 73 активності Семінар є в 8 курсах з 985.

У таблиці 9 наведено значення мультиколінеарності індикаторів (коефіцієнт варіації інфляції – VIF). Мультиколінеарність виникає, коли два або більше предикторів у регресійній моделі сильно корелюють. Для виникаючих конструктів мультиколінеарність може впливати на індикаторні вагові коефіцієнти [11, с. 28].

Таблиця 9

Значення мультиколінеарності індикаторів

Конструкт	Індикатор	Значення
Інформація	Форма навчання	1.0089
	Семестр	1.2950
	Статус	1.0494
	Рівень освіти	1.2756
	Кількість викладачів	1.0032
Ресурси	URL	1.0376
	Книга	1.0035
	Мітка	1.0155
	Сторінка	1.0498
	Папка	1.0322
	Файл	1.0403
Активності	H5P	1.0842
	HotPot	1.0194
	SCORM	1.3203
	Опитування	1.0552
	База даних	1.0042
	Вибір	1.7799
	Відвідуваність	1.1248
	Вікі	1.0414
	Глосарій	1.2475
	Завдання	1.8277
	Зворотній зв'язок	1.1640

Конструкт	Індикатор	Значення
	Зовнішній інструмент LTI	1.0946
	Семінар	1.0010
	Вікторина	1.1380
	Урок	1.2549
Комунікація	Форум	1.0883
	Чат	1.0883
Оцінювання	A	1.9784
	B	3.7548
	C	4.8197
	D	5.8080
	E	3.2687
	F	1.7761

Значення VIF можна інтерпретувати таким чином:

1. Значення, близькі до 1 (приблизно від 1,00 до 1,20), вказують на дуже слабку або відсутність проблеми мультиколінеарності. Більшість індикаторів у моделі потрапляють у цю категорію, включаючи індикатори для Інформації (крім Семестру на рівні 1,2950), Ресурсів, Комунікації (обидва індикатори мають однакове значення 1,0883) і більшості Активностей (крім Вибору, Завдань і Глосарію).

2. Значення між 1,2 і 5 вказують на помірний рівень мультиколінеарності. У наведеній моделі в цей діапазон потрапляють Семестр і Рівень освіти (Інформація), Вибір (1,7799), Завдання (1,8277), Глосарій (Активності) та індикатор Оцінювання F (1,7761).

3. Значення вище 5 вказують на високий ступінь мультиколінеарності, що може бути проблематичним для моделі. Індикатор Оцінювання D (5,8080) потрапляє в цей діапазон.

Як правило, значення нижче 5 для індикатора вважається прийнятним,

тоді як значення вище 5 вказує на потенційні проблеми мультиколінеарності. Однак деякі дослідники пропонують більш консервативні порогові значення, наприклад 3,3 або нижче. У конструкті Оцінювання індикатори С (4,8197), D (5,8080) і В (3,7548) мають значення вище консервативного порогу 3,3, що свідчить про потенційні проблеми мультиколінеарності серед цих індикаторів. Індикатори А (1,9784), Е (3,2687) і F (1,7761) перебувають у прийнятних діапазонах.

Хоча більшість конструктів не показують суттєвих проблем мультиколінеарності, конструкт Оцінювання демонструє потенційні проблеми, особливо серед індикаторів С, D і В. Конструкт Активності також має два індикатори (Вибір і Завдання) з дещо підвищеними значеннями, але не такими серйозними, як конструкт Оцінювання. Всі відповідні індикатори мають сильні позитивні та дуже сильні позитивні навантаження на передбачуваний конструкт, тому їх не можна видалити, щоб зменшити надмірність і проблеми мультиколінеарності.

Зокрема, високі значення VIF для В, С, D і Е свідчать про те, що ці індикатори оцінок сильно корелюють, тобто вони вимірюють або представляють подібний основний конструкт (у цьому випадку успішність або досягнення студентів). Наприклад, якщо студенти отримують високу оцінку (наприклад, А або В) в одному компоненті оцінювання, вони, швидше за все, будуть отримувати так само високі оцінки в інших компонентах, що призводить до сильної кореляції між індикаторами оцінок. Аналогічно, студенти, які отримують низькі оцінки (наприклад, D або F) в одному компоненті, з більшою ймовірністю отримують низькі оцінки в інших компонентах, що сприяє мультиколінеарності.

Тому ми вирішили глибше дослідити мультиколінеарність між різними оцінками. Ми розділили конструкт Оцінювання на до 6 конструктів з різними комбінаціями оцінок. Модель з найнижчими значеннями VIF показана на рис. 4.

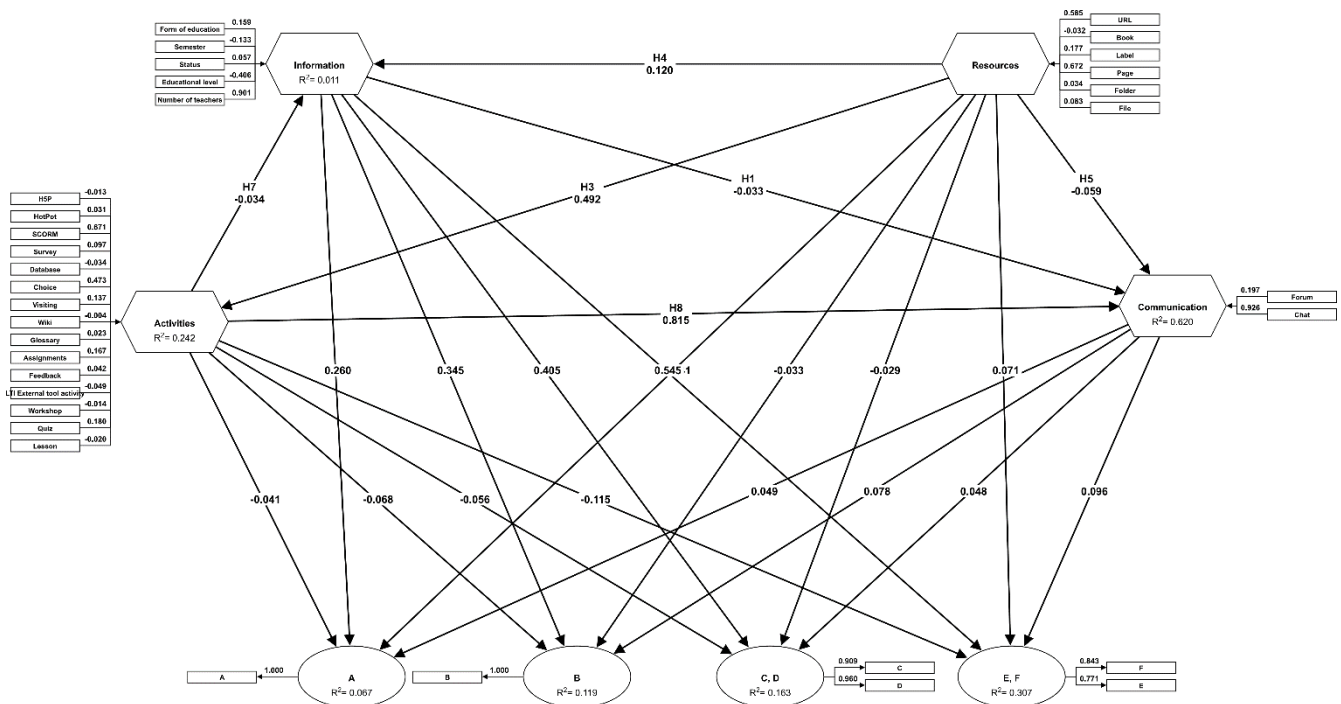


Рис. 4. Оновлена концептуальна модель з розділенням на 4 конструктом Оцінювання.

Оновлена модель містить чотири виникаючі конструкти замість одного, які стосуються таких оцінок:

- конструкт А містить лише індикатор А з $VIF = 1,0000$, що вказує на відсутність проблеми мультиколінеарності;
- конструкт В містить лише індикатор В з $VIF = 1,0000$, що вказує на відсутність проблеми мультиколінеарності;
- конструкт С, D містить індикатори В і С з $VIF = 4,1927$, що вказує на помірний рівень мультиколінеарності;
- конструкт Е, F містить індикатори Е і F з $VIF = 1,7334$, що вказує на помірний рівень мультиколінеарності.

Це, ймовірно, вказує на реальну 4-бальну шкалу, яку використовують викладачі КДПУ, що відповідає зсунутій національній шкалі: А - відмінна оцінка, В - оцінка "добре", С і D можуть бути задовільними оцінками, а Е і F - незадовільними оцінками. Більше того, викладачі КДПУ найбільш нерівномірні в своїх оцінках, коли ставлять оцінки С і D.

Крім того, було неможливо побудувати модель з окремою оцінкою Е:

перегляд оцифрованих даних про успішність студентів показує, що більшість оцінок Е відповідають лише одній оцінці - 50 (найнижчий рівень оцінки Е згідно зі шкалою КДПУ). У зв'язку з цим, усунення інших шкал, що використовуються для оцінювання студентів у КДПУ, окрім 4-бальної національної шкали, видається гарною ідеєю.

Аналіз моделювання структурними рівняннями. Коефіцієнт детермінації (R^2) представляє частку дисперсії в спостережуваних даних, яку може пояснити модель. Скоригований коефіцієнт детермінації (скоригований R^2) є модифікацією R^2 , яка враховує розмір вибірки та компенсує додані до моделі незалежні змінні (табл. 10).

Таблиця 10

Коефіцієнти детермінації

Конструкт	R^2	Скоригований R^2
Інформація	0.0125	0.0105
Активності	0.2429	0.2421
Комунікація	0.6200	0.6189
Оцінювання	0.2280	0.2249

Конструкт Комунікація має найвищі значення R^2 і скоригованого R^2 , що свідчить про відносно добре припасування моделі для цього конструкту. Конструкти Активності та Оцінювання мають помірну пояснювальну силу. Натомість конструкт Інформація має відносно низьке значення R^2 , що вказує на те, що його індикатори можуть неадекватно пояснювати дисперсію в цьому конструкті.

Коефіцієнт регресії, який складається з коефіцієнтів прямого (коефіцієнт шляху) і непрямого ефектів (впливів), використовується для підтвердження або спростування гіпотез. Розглянемо вплив прямих ефектів (прямий коефіцієнт шляху) у таблиці 11.

Прямі ефекти

Незалежна змінна	Залежна змінна			
	Інформація	Активності	Комунікація	Оцінювання
Інформація			-0.0334	0.4785
Активності	-0.0321		0.8152	-0.0755
Ресурси	0.1239	0.4928	-0.0598	-0.0005
Комунікація				0.0715

Коефіцієнти шляху – це стандартизовані коефіцієнти регресії (бета-значення), показані на рис. 3 на стрілках між конструктами. Коефіцієнт шляху кількісно визначає прямий ефект незалежної змінної на залежну змінну. Коефіцієнти шляху інтерпретуються як збільшення залежної змінної, якщо незалежна змінна була збільшена на одне стандартне відхилення, а всі інші незалежні змінні в рівнянні залишалися постійними [11].

Інтерпретація результатів таблиці 11:

Інформація на Оцінювання: схоже, існує позитивний і відносно сильний ефект ($\beta_{10} = 0,4785$) Інформації на Оцінювання – це свідчить про те, що краще описаний курс веде до підвищення Оцінювання;

Активності на Оцінювання: Активності мають негативний ефект ($\beta_9 = -0,0755$) на Оцінювання; збільшення Активностей може призвести до незначного зниження оцінок Оцінювання, але ефект слабкий;

Активності на Комунікацію: Активності мають сильний позитивний ефект ($\beta_8 = 0,8152$) на Комунікацію – це означає, що більше Активностей пов'язано зі збільшенням Комунікації;

Ресурси на Інформацію: Ресурси мають позитивний, але слабкий ефект ($\beta_4 = 0,1239$) на Інформацію – збільшення Ресурсів може призвести до незначно кращого опису курсу;

Ресурси на Активності: існує помірний позитивний ефект ($\beta_3 = 0,4928$) Ресурсів на Активності – більше Ресурсів пов'язано зі збільшенням Активностей;

Ресурси на Комунікацію: вплив Ресурсів на Комунікацію є негативним ($\beta_5 = -0,0598$), але слабким – збільшення Ресурсів може призвести до незначного зменшення Комунікації;

Комунікація на Оцінювання: вплив Комунікації на Оцінювання є позитивним, але слабким ($\beta_2 = 0,0715$) – збільшення Комунікації може призвести до незначного збільшення Оцінювання;

Активності на Інформацію: існує слабкий негативний ефект ($\beta_7 = -0,0321$) Активностей на Інформацію – збільшення Активностей може призвести до дещо гіршого опису курсу, однак величина цього ефекту дуже мала;

Ресурси на Оцінювання: вплив Ресурсів на Оцінювання є негативним ($\beta_6 = -0,0005$), але дуже слабким, тому ним можна знехтувати.

Окрім прямих ефектів, також були розраховані непрямі ефекти. Непрямий ефект виникає, коли незалежна змінна впливає на залежну змінну через одну або кілька проміжних змінних.

Непрямі ефекти пов'язані з усіма можливими шляхами між конструктами, тому для розрахунку непрямих ефектів ми повинні перемножити відповідні бета-коефіцієнти (табл. 12):

- Інформація через Комунікацію на Оцінювання: $\beta_1 \cdot \beta_2$
- Ресурси через Активності на Інформацію: $\beta_3 \cdot \beta_7$
- Ресурси через Активності на Комунікацію: $\beta_3 \cdot \beta_8$
- Ресурси через Активності на Оцінювання: $\beta_3 \cdot \beta_9$
- Ресурси через Активності через Інформацію на Комунікацію: $\beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_1$
- Ресурси через Активності через Інформацію на Оцінювання: $\beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_{10}$
- Ресурси через Активності через Комунікацію на Оцінювання: $\beta_3 \cdot \beta_8 \cdot \beta_2$
- Ресурси через Активності через Інформацію через Комунікацію на Оцінювання: $\beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$
- Ресурси через Інформацію на Оцінювання: $\beta_4 \cdot \beta_{10}$
- Ресурси через Інформацію на Комунікацію: $\beta_4 \cdot \beta_1$
- Ресурси через Інформацію через Комунікацію на Оцінювання: $\beta_4 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$

- Ресурси через Комунікацію на Оцінювання: $\beta_5 \cdot \beta_2$
- Активності через Інформацію на Комунікацію: $\beta_7 \cdot \beta_1$
- Активності через Інформацію на Оцінювання: $\beta_7 \cdot \beta_{10}$
- Активності через Інформацію через Комунікацію на Оцінювання:
 $\beta_7 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$
- Активності через Комунікацію на Оцінювання: $\beta_8 \cdot \beta_2$

Таблиця 12

Непрямі ефекти

Незалежна змінна	Залежна змінна			
	Інформація	Активності	Комунікація	Оцінювання
Інформація				-0.0024
Активності			0.0011	0.0430
Ресурси	-0.0158		0.3981	0.0387
Комунікація				

Всі непрямі ефекти (за винятком впливу Ресурсів на Комунікацію, який дорівнює 0,3981) показують слабкий позитивний або негативний ефект. Це свідчить про мінімальний непрямий вплив. Однак існує сильний позитивний непрямий ефект ($\beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_1 = 0,3981$) Ресурсів на Комунікацію. Це свідчить про суттєвий непрямий вплив, можливо, через інші змінні, який збільшує Комунікацію зі збільшенням Ресурсів.

Сума прямих і непрямих ефектів – це загальні ефекти (табл. 13):

- Інформація на Комунікацію: β_1
- Комунікація на Оцінювання: β_2
- Ресурси на Активності: β_3
- Ресурси на Інформацію: $\beta_4 + \beta_3 \cdot \beta_7$
- Ресурси на Комунікацію: $\beta_5 + \beta_3 \cdot \beta_8 + \beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_1 + \beta_4 \cdot \beta_1$
- Ресурси на Оцінювання: $\beta_6 + \beta_3 \cdot \beta_9 + \beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_{10} + \beta_3 \cdot \beta_8 \cdot \beta_2 + \beta_3 \cdot \beta_7 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_4 \cdot \beta_{10} + \beta_4 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_5 \cdot \beta_2$
- Активності на Інформацію: β_7

- Активності на Комунікацію: $\beta_8 + \beta_7 \cdot \beta_1$
- Активності на Оцінювання: $\beta_9 + \beta_7 \cdot \beta_{10} + \beta_7 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_8 \cdot \beta_2$
- Інформація на Оцінювання: $\beta_{10} + \beta_1 \cdot \beta_2$

Порівнюючи прямі ефекти (табл. 11) і загальні ефекти (табл. 13), ми можемо зробити висновок, що сила ефектів майже не змінилася, за винятком впливу Ресурсів на Комунікацію, оскільки існує сильний непрямий ефект.

Таблиця 13

Загальні ефекти

Незалежна змінна	Залежна змінна			
	Інформація	Активності	Комунікація	Оцінювання
Інформація			-0.0334	0.4761
Активності	-0.0321		0.8163	-0.0325
Ресурси	0.1081	0.4928	0.3383	0.0383
Комунікація				0.0715

Огляд ефектів, пов'язаних з гіпотезами, представлено в табл. 14.

Таблиця 14

Огляд ефектів

Гіпотези	Ефекти			f^2 Коена	Інтерпретація
	Прямий	Непрямий	Загальний		
H1	-0.0334		-0.0334	0.0029	несуттєвий ефект
H2	0.0715		0.0715	0.0025	несуттєвий ефект
H3	0.4928		0.4928	0.3208	помірний ефект
H4	0.1239	-0.0158	0.1081	0.0118	несуттєвий ефект
H5	-0.0598	0.3981	0.3383	0.0071	несуттєвий ефект
H6	-0.0005	0.0387	0.0383	0.0000	несуттєвий ефект
H7	-0.0321		-0.0321	0.0008	несуттєвий ефект
H8	0.8152	0.0011	0.8163	1.3232	сильний ефект
H9	-0.0755	0.0430	-0.0325	0.0024	несуттєвий ефект
H10	0.4785	-0.0024	0.4761	0.2920	помірний ефект

Таблиця 14 містить коефіцієнт Коена (f^2), який вказує, наскільки суттєвим є прямий ефект, і його інтерпретацію згідно з Коеном [5, с. 477-478].

Проаналізувавши таблицю 14, ми можемо вибрати найсильніші ефекти:

- H8 (Активності на Комунікацію) має найсильніший загальний ефект

(0,8163) із сильним розміром ефекту (1,3232), що вказує на суттєвий позитивний вплив Активностей на Комунікацію;

- Н3 (Ресурси на Активності) має сильний позитивний загальний ефект (0,4928) з помірним розміром ефекту (0,3208), що свідчить про значний вплив Ресурсів на Активності;

- Н10 (Інформація на Оцінювання) має помірний позитивний загальний ефект (0,4761) з помірним розміром ефекту (0,2920), що вказує на помітний вплив Інформації на Оцінювання;

- Н5 (Ресурси на Комунікацію) має сильний позитивний загальний ефект (0,3383) з несуттєвим розміром ефекту (0,0071) через переважання непрямих ефектів.

Матриця міжконструктних кореляцій містить оцінені кореляції між конструктами (табл. 15).

Таблиця 15

Міжконструктні кореляції

Конструкти	Інформація	Активності	Ресурси	Комунікація	Оцінювання
Інформація	1.0000				
Активності	0.0290	1.0000			
Ресурси	0.1081	0.4928	1.0000		
Комунікація	-0.0163	0.7848	0.3383	1.0000	
Оцінювання	0.4751	-0.0057	0.0383	0.0043	1.0000

Результати, представлені в табл. 15, узгоджуються з результатами в табл. 14. Активності та Комунікація (Н8) мають сильну позитивну кореляцію (0,7848). Це вказує на те, що ці два конструкти в моделі мають тенденцію до спільного збільшення. Ресурси (Н3) показують помірну позитивну кореляцію з Активностями (0,4928). Інформація та Оцінювання (Н10) мають помірну позитивну кореляцію (0,4751). Існує позитивна асоціація між Інформацією та Оцінюванням. Остаточне рішення щодо прийняття або відхилення конкретної гіпотези має базуватися на висновку (індуктивній статистиці) про загальні

ефекти (табл. 16).

Таблиця 16

Висновок про загальні ефекти

Гіпотеза	Загальний ефект	Стандартні результати бутстрепу					Процентні квантилі бутстрепу			
		Середнє значення	Стандартна помилка	t	p (двостороннє)	p (одностороннє)	0.5%	2.5%	97.5%	99.5%
H1	-0.0334	-0.0348	0.0191	-1.7512	0.0802	0.0401	-0.1033	-0.0768	-0.0037	0.0131
H2	0.0715	0.0807	0.0502	1.4248	0.1545	0.0773	-0.0981	0.0011	0.1727	0.3452
H3	0.4928	0.5135	0.0683	7.2155	0.0000	0.0000	0.2948	0.3755	0.6419	0.6763
H4	0.1081	0.1087	0.0490	2.2050	0.0277	0.0138	-0.0047	0.0217	0.2063	0.2418
H5	0.3383	0.3511	0.0651	5.1989	0.0000	0.0000	0.1573	0.2121	0.4758	0.5122
H6	0.0383	0.0333	0.0301	1.2731	0.2033	0.1016	-0.0433	-0.0245	0.0967	0.1150
H7	-0.0321	-0.0310	0.0384	-0.8360	0.4033	0.2017	-0.1268	-0.1013	0.0527	0.0902
H8	0.8163	0.8257	0.1268	6.4386	0.0000	0.0000	0.1241	0.5440	1.0220	1.0329
H9	-0.0325	-0.0314	0.0327	-0.9911	0.3219	0.1609	-0.1097	-0.0920	0.0323	0.0765
H10	0.4761	0.4720	0.0780	6.1057	0.0000	0.0000	0.2599	0.3545	0.5860	0.6221

H1 (Інформація на Комунікацію): оригінальний коефіцієнт (загальний ефект) становить -0,0334, а результати бутстрепу показують середнє значення -0,0348 зі стандартною помилкою 0,0191. Значення $t = -1,7512$, що призводить до значення $p = 0,0802$. Квантилі бутстрепу відсотків показують, що коефіцієнт лежить між -0,1033 і -0,0037 на 95% довірчому рівні. Зі значенням p вище типового порогу 0,05 ми не можемо відхилити нульову гіпотезу, що свідчить про відсутність значного впливу Інформації на Комунікацію.

H2 (Комунікація на Оцінювання): оригінальний коефіцієнт становить 0,0715, а результати бутстрепу показують середнє значення 0,0807 зі стандартною помилкою 0,0502. Значення $t = 1,4248$, що призводить до значення $p = 0,1545$. Квантилі бутстрепу відсотків показують, що коефіцієнт лежить між -0,0981 і 0,3452 на 95% довірчому рівні. Зі значенням $p > 0,05$ ми не можемо відхилити нульову гіпотезу, що свідчить про відсутність значного непрямого впливу Комунікації на Оцінювання.

H3 (Ресурси на Активності): оригінальний коефіцієнт становить 0,4928, а

результати бутстрепа показують середнє значення 0,5135 зі стандартною помилкою 0,0683. Значення $t = 7,2155$, що призводить до дуже низького значення p (близького до нуля). Квантилі бутстрепа відсотків вказують на значний позитивний ефект, коефіцієнт лежить між 0,2948 і 0,6763 на 95% довірчому рівні. Таким чином, є вагомі докази, що підтверджують гіпотезу про позитивний вплив Ресурсів на Активності.

H4 (Ресурси на Інформацію): оригінальний коефіцієнт становить 0,1081, а результати бутстрепа показують середнє значення 0,1087 зі стандартною помилкою 0,0490. Значення $t = 2,2050$, що призводить до значення $p = 0,0277$. Квантилі бутстрепа відсотків вказують на значний позитивний ефект, коефіцієнт лежить між -0,0047 і 0,2418 на 95% довірчому рівні. Таким чином, є докази, що підтверджують гіпотезу про позитивний вплив Ресурсів на Інформацію.

H5 (Ресурси на Комунікацію): оригінальний коефіцієнт становить 0,3383, а результати бутстрепа показують середнє значення 0,3511 зі стандартною помилкою 0,0651. Значення $t = 5,1989$, що призводить до дуже низького значення p (близького до нуля). Квантилі бутстрепа відсотків вказують на значний позитивний ефект, коефіцієнт лежить між 0,1573 і 0,5122 на 95% довірчому рівні. Таким чином, є вагомі докази, що підтверджують гіпотезу про позитивний вплив Ресурсів на Комунікацію.

H6 (Ресурси на Оцінювання): оригінальний коефіцієнт становить 0,0383, а результати бутстрепа показують середнє значення 0,0333 зі стандартною помилкою 0,0301. Значення $t = 1,2731$, що призводить до значення $p = 0,2033$. Квантилі бутстрепа відсотків показують, що коефіцієнт лежить між -0,0433 і 0,1150 на 95% довірчому рівні. Зі значенням $p > 0,05$ ми не можемо відхилити нульову гіпотезу, що свідчить про відсутність значного непрямого впливу Ресурсів на Оцінювання.

H7 (Активності на Інформацію): оригінальний коефіцієнт становить -0,0321, а результати бутстрепа показують середнє значення -0,0310 зі стандартною помилкою 0,0384. Значення $t = -0,8360$, що призводить до

значення $p = 0,4033$. Квантилі бутстрепу відсотків показують, що коефіцієнт лежить між $-0,1268$ і $0,0902$ на 95% довірчому рівні. Зі значенням $p > 0,05$ ми не можемо відхилити нульову гіпотезу, що свідчить про відсутність значного непрямого впливу Активностей на Інформацію.

H8 (Активності на Комунікацію): оригінальний коефіцієнт становить $0,8163$, а результати бутстрепу показують середнє значення $0,8257$ зі стандартною помилкою $0,1268$. Значення $t = 6,4386$, що призводить до дуже низького значення p (близького до нуля). Квантилі бутстрепу відсотків вказують на значний позитивний ефект, коефіцієнт лежить між $0,1241$ і $1,0329$ на 95% довірчому рівні. Таким чином, є вагомі докази, що підтверджують гіпотезу про позитивний вплив Активностей на Комунікацію.

H9 (Активності на Оцінювання): оригінальний коефіцієнт становить $-0,0325$, а результати бутстрепу показують середнє значення $-0,0314$ зі стандартною помилкою $0,0327$. Значення $t = -0,9911$, що призводить до значення $p = 0,3219$. Квантилі бутстрепу відсотків показують, що коефіцієнт лежить між $-0,1097$ і $0,0765$ на 95% довірчому рівні. Зі значенням $p > 0,05$ ми не можемо відхилити нульову гіпотезу, що свідчить про відсутність значного непрямого впливу Активностей на Оцінювання.

H10 (Інформація на Оцінювання): оригінальний коефіцієнт становить $0,4761$, а результати бутстрепу показують середнє значення $0,4720$ зі стандартною помилкою $0,0780$. Значення $t = 6,1057$, що призводить до дуже низького значення p (близького до нуля). Квантилі бутстрепу відсотків вказують на значний позитивний ефект, коефіцієнт лежить між $0,2599$ і $0,5860$ на 95% довірчому рівні. Таким чином, є вагомі докази, що підтверджують гіпотезу про позитивний вплив Інформації на Оцінювання.

На основі загального висновку про ефекти (табл. 16) ми прийняли гіпотези H3, H4, H5, H8 і H10. Використовуючи інтерпретацію загальних ефектів (табл. 14), ми можемо зробити висновок про несуттєві ефекти в H4 і H5, помірні в H3 і H10 і сильні в H8. Отже, ми можемо зробити такі висновки:

1. *Недостатньо доказів*, щоб зробити висновок, чи існує значний

взаємозв'язок між конструктами Інформація та Комунікація в курсі Moodle.

2. *Недостатньо доказів*, щоб зробити висновок, чи існує значний взаємозв'язок між конструктами Комунікація та Оцінювання в курсі Moodle.

3. Існує *помірний позитивний зв'язок* між конструктами Ресурси та Активності в курсі Moodle.

4. Існує *незначний позитивний зв'язок* між конструктами Ресурси та Інформація в курсі Moodle.

5. Існує *незначний непрямий позитивний зв'язок* між конструктом Ресурси та конструктом Комунікація в курсі Moodle.

6. *Недостатньо доказів*, щоб зробити висновок, чи існує значний взаємозв'язок між конструктом Ресурси курсу Moodle та зовнішніми конструктами Оцінювання.

7. *Недостатньо доказів*, щоб зробити висновок, чи існує значний взаємозв'язок між конструктом Активності та конструктом Інформація в курсі Moodle.

8. Існує *сильний позитивний зв'язок* між конструктом Активності та конструктом Комунікація в курсі Moodle.

9. *Недостатньо доказів*, щоб зробити висновок, чи існує значний взаємозв'язок між конструктом Активності курсу Moodle та зовнішнім конструктом Оцінювання.

10. Існує *помірний позитивний зв'язок* між конструктом Інформація курсу Moodle та зовнішнім конструктом Оцінювання.

Отже, відповіді на дослідницькі питання такі:

1. Існує значний взаємозв'язок між ресурсами і активностями та між активностями і комунікацією в курсі Moodle.

2. Існує значний взаємозв'язок між інформацією про курс Moodle та успішністю студентів, і немає доказів зв'язку між кількістю компонентів, що використовуються в курсі Moodle, та успішністю студентів.

Висновки. У цьому дослідженні ми намагалися відповісти на два дослідницькі питання. Щоб відповісти на *перше* питання: «Наскільки взаємопов'язані різні ресурси та активності Moodle, які використовують викладачі педагогічних університетів?», – ми застосували кількісний підхід SEM-PLS для дослідження взаємозв'язків між різними конструктами, отриманими з СУН Moodle, та результатами оцінювання студентів. Для емпіричного аналізу використовувалися дані Криворізького державного педагогічного університету.

Концептуальна модель була розроблена на основі соціально-конструкціоністської педагогіки, що лежить в основі розробки Moodle, і правил університету щодо структури курсу та оцінювання у Moodle. Модель складалася з п'яти конструктів: Інформація, Ресурси, Активності, Комунікація та Оцінювання. Інформація, Ресурси, Активності та Комунікація є виникаючими конструктами, сформованими з використанням показників, безпосередньо спостережуваних з даних курсу Moodle, тоді як конструкт Оцінювання був латентним конструктом, що відображає дані про успішність студентів.

Згідно з результатами моделювання, різні ресурси та активності Moodle, які використовують викладачі педагогічних університетів, демонструють різний ступінь взаємопов'язаності:

1. Існує сильний позитивний зв'язок між конструктами Активності та Комунікація. Це свідчить про те, що збільшення використання інтерактивних активностей в рамках курсів Moodle пов'язане з вищим рівнем комунікації та залучення серед студентів і викладачів.

2. Існує помірний позитивний зв'язок між конструктом Ресурси та конструктом Активності. Це вказує на те, що доступність і різноманітність ресурсів у курсі Moodle пов'язані з включенням різноманітних навчальних активностей.

3. Існує незначний позитивний зв'язок між Ресурсами та конструктом Інформація, що свідчить про відносно слабкий зв'язок між ресурсами та якістю інформації про курс.

4. Існує незначний непрямий позитивний зв'язок між конструктами Ресурси та Комунікація, що передбачає відносно слабкий непрямий зв'язок між ресурсами та комунікацією, що полегшується через інші фактори.

Результати моделювання показують сильну взаємопов'язаність між активностями та комунікацією та помірну взаємопов'язаність між ресурсами та активностями в середовищі Moodle, яке використовують викладачі педагогічних університетів. Однак, виходячи з результатів цього дослідження, взаємопов'язаність між ресурсами та інформацією про курс і непрямий зв'язок між ресурсами та комунікацією здаються відносно слабкими.

Ключові висновки з результатів моделювання щодо *другого* дослідницького питання: «Як використання різних інструментів Moodle впливає на результати навчання студентів?», – такі:

1. Існує сильний позитивний зв'язок між конструктом Активності (інтерактивні навчальні активності, такі як SCORM, вибори, завдання та вікторини) та конструктом Комунікація. Це свідчить про те, що використання більшої кількості інтерактивних активностей у курсах Moodle підвищує комунікацію та залучення студентів і викладачів, покращуючи навчальний досвід.

2. Існує помірний позитивний зв'язок між конструктом Ресурси (URL-адреси, сторінки, мітки тощо) та конструктом Активності. Наявність різноманітних ресурсів у курсі Moodle пов'язана з включенням більш різноманітних навчальних активностей.

3. Існує помірний позитивний зв'язок між конструктом Інформація (опис курсу, силабус, вступ) і конструктом Оцінювання (оцінки студентів). Добре розроблені та інформативні матеріали курсу пов'язані з кращою успішністю студентів під час оцінювання.

4. Однак дослідження не виявило доказів наявності значного прямого зв'язку між Комунікацією або Активностями та конструктом Оцінювання. Хоча це важливі компоненти, їх вплив на успішність оцінювання здається більш складним і залежить від інших факторів.

5. Доступність ресурсів показала слабкий позитивний зв'язок між наданням кращої інформації про курс і непрямым полегшенням комунікації, але ці ефекти були відносно невеликими.

Використання інтерактивних активностей, надання різноманітних ресурсів і забезпечення вичерпної інформації про курс, здається, позитивно сприяють залученню студентів, комунікації та потенційно кращим результатам навчання на основі оцінювання. Однак це дослідження не встановило прямого впливу комунікаційних активностей на оцінки.

Ми також пам'ятаємо про додаткове дослідницьке питання: «Чи гарантує використання інструментів Moodle реалізацію адаптивного навчання для студентів педагогічних університетів?». На основі представлених результатів дослідження недостатньо доказів, щоб зробити висновок, що просте використання інструментів Moodle гарантує реалізацію адаптивного навчання для студентів педагогічних університетів.

Хоча Moodle надає інструменти та функції, які могли б підтримувати адаптивне навчання, такі як персоналізовані шляхи навчання, адаптивна доставка контенту та навчальна аналітика, сама наявність і використання цих інструментів не обов'язково гарантують реалізацію адаптивного навчання. Ефективне адаптивне навчання вимагає ретельного розроблення інструкцій, інтеграції відповідних педагогічних стратегій і стратегічного використання адаптивних можливостей Moodle відповідно до конкретних навчальних цілей і потреб студентів.

Хоча використання інструментів Moodle може підтримати елементи захоплюючого та ефективного навчального досвіду, реалізація адаптивного навчання вимагає більш цілеспрямованого та стратегічного підходу, який виходить за рамки простого використання інструментів і функцій Moodle:

1. Викладачі повинні включати більше інтерактивних активностей (наприклад, SCORM, завдання, вікторини) у свої курси Moodle, оскільки ці активності тісно пов'язані з підвищенням комунікації та залучення серед студентів і викладачів. Це може сприяти більш ефективному навчальному

досвіду.

2. Надання різноманітних ресурсів (URL-адрес, сторінок, міток тощо) у курсах Moodle пов'язане з включенням більш різноманітних навчальних активностей. Це підкреслює важливість збирання багатої та різноманітної колекції ресурсів для підтримки різноманітних навчальних активностей.

3. Добре розроблені та інформативні матеріали курсу (описи курсів, силабуси, вступи) пов'язані з кращою успішністю студентів під час оцінювання. Викладачі повинні надавати пріоритет створенню вичерпної, прозорої інформації про курс, щоб полегшити кращі результати навчання.

4. Хоча комунікація та інтерактивні активності є вирішальними, їх прямий вплив на успішність оцінювання, здається, опосередковується іншими факторами. Викладачі повинні досліджувати додаткові стратегії, щоб ефективно перетворити підвищене залучення та комунікацію на покращення результатів оцінювання.

5. Сама доступність ресурсів може не гарантувати кращої інформації про курс або полегшеної комунікації. Щоб максимізувати ефективність, викладачі повинні розглянути, як організовані, представлені та інтегровані ресурси з іншими компонентами курсу.

6. Результати дослідження свідчать про те, що використання інструментів Moodle не гарантує автоматичної реалізації адаптивного навчання. Викладачі та розробники курсів повинні цілеспрямовано використовувати адаптивні функції Moodle, такі як персоналізовані шляхи навчання, адаптація контенту на основі успішності студентів або стилів навчання та навчальна аналітика, щоб інформувати про інструктивні рішення та втручання.

Важливо визнати обмеження цього дослідження, які включають специфічний контекст, у якому збиралися дані (один ЗВО та обмежений час), а також властиві обмеження використовуваних методологічних підходів. Майбутні дослідження можуть вивчати додаткові фактори, які впливають на взаємозв'язки між різними компонентами, такі як педагогічні підходи, характеристики студентів і конкретні предметні області або освітні рівні.

Список використаних джерел

1. Philosophy // Moodle.org. 2006. URL: <https://tinyurl.com/yck8br28>
2. Regulation on using the distance learning technologies in the educational activity of the Kryvyi Rih State Pedagogical University // Kryvyi Rih State Pedagogical University. 2021. URL: <https://tinyurl.com/2p8yc7jr>
3. Regulation on the system of assessment of the students' learning outcomes in the Kryvyi Rih State Pedagogical University // Kryvyi Rih State Pedagogical University. 2022. URL: <https://tinyurl.com/db9at3ru>
4. Abuzinadah N., Umer M., Ishaq A., Hejaili A.A., Alsubai S., Eshmawi A.A., Mohamed A., Ashraf I. Role of convolutional features and machine learning for predicting student academic performance from MOODLE data // PLoS ONE. 2023. Vol. 18. DOI: 10.1371/journal.pone.0293061
5. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. New York: Routledge, 1988. DOI: 10.4324/9780203771587
6. Fadieieva L., Semerikov S. ADANCO output on dataset // GitHub. 2024. URL: <https://ssemerikov.github.io/Fadieieva/>
7. Fadieieva L., Semerikov S. KSPU Moodle activities and marks 2020-2022 // Zenodo. 2024. DOI: 10.5281/zenodo.10938019
8. Fadieieva L.O. Adaptive learning: a cluster-based literature review (2011-2022) // Educational Technology Quarterly. 2023. Vol. 3. P. 319-366. DOI: 10.55056/etq.613
9. Fadieieva L.O. Adaptive learning concept selection: a bibliometric review of scholarly literature from 2011 to 2019 // Educational Dimension. 2023. Vol. 9. P. 136-148. DOI: 10.31812/ed.643
10. Fadieieva L.O. Bibliometric Analysis of Adaptive Learning Literature from 2011-2019: Identifying Primary Concepts and Keyword Clusters // Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications / eds.: Antoniou G. et al. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. P. 215-226. DOI: 10.1007/978-3-031-48325-7_16
11. Henseler J. ADANCO 2.0.1 User Manual. 2017. URL: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/porta/5135104/ADANCO_2-0-1.pdf
12. Henseler J. Composite-Based Structural Equation Modeling: Analyzing Latent and Emergent Variables. New York: The Guilford Press, 2021.
13. Iyer S.S., Gernal L., Subramanian R., Mehrotra A. Impact of digital disruption influencing business continuity in UAE higher education // Educational Technology Quarterly. 2023. Vol. 1. P. 18-57. DOI: 10.55056/etq.29
14. Jordan C. Comparison of International Baccalaureate (IB) chemistry students' preferred vs actual experience with a constructivist style of learning in a Moodle e-learning environment // International Journal for Lesson and Learning Studies. 2013. Vol. 2(2). P. 155-167. DOI: 10.1108/20468251311323397
15. Kaensar C., Wongnin W. Analysis and Prediction of Student Performance Based on Moodle Log Data using Machine Learning Techniques // International Journal of

- Emerging Technologies in Learning. 2023. Vol. 18. P. 184-203. DOI: 10.3991/ijet.v18i10.35841
16. Krahn T., Kuo R., Chang M. Personalized Study Guide: A Moodle Plug-in Generating Personal Learning Path for Students // *Lecture Notes in Computer Science* / eds.: Frasson C. et al. Vol. 13891. Springer, 2023. P. 333-341. DOI: 10.1007/978-3-031-32883-1_30
 17. Moreno-Marcos P.M., Barredo J., Muñoz-Merino P.J., Delgado Kloos C. Statoodle: A Learning Analytics Tool to Analyze Moodle Students' Actions and Prevent Cheating // *Lecture Notes in Computer Science* / eds.: Viberg O. et al. Vol. 14200. Springer, 2023. P. 736-741. DOI: 10.1007/978-3-031-42682-7_70
 18. Osadchyi V.V. Adaptive system for individualization and personalization of professional training of future specialists in blended learning: Technical Report. Melitopol: Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, 2023. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0223U003360>
 19. Perez-Suay A., Van Vaerenbergh S., Diago P.D., Pascual-Venteo A.B., Ferri F.J. Data-Driven Modeling Through the Moodle Learning Management System: An Empirical Study Based on a Mathematics Teaching Subject // *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. 2023. Vol. 18. P. 19-27. DOI: 10.1109/RITA.2023.3250434
 20. Sergeev K.A., Mironenko O.I., Krivich O.Y., Petrov A.A., Kozlov M.V. Using the module "analytics and machine learning" in LMS moodle at training students of specialty "rolling stock" // *AIP Conference Proceedings* / eds.: Galkin A.G., Bushuev S.V. Vol. 2624. American Institute of Physics Inc., 2023. DOI: 10.1063/5.0133923
 21. Vitez A. Course module instances report // Moodle.org. 2022. URL: https://moodle.org/plugins/report_coursemodstats
 22. Vásquez-Bermúdez M., Aguirre-Munizaga M., Hidalgo-Larrea J. Analysis of CoI Presence Indicators in a Moodle Forum Using Unsupervised Learning Techniques // *Communications in Computer and Information Science* / eds.: Valencia-García R. et al. Vol. 1873. Springer, 2023. P. 27-38. DOI: 10.1007/978-3-031-45682-4_3