

## 1.7. ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СТУДЕНТІВ ЕКОНОМІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

**Оксана Глушак, Світлана Семеняка**

*(Київський університет імені Бориса Грінченка)*

В умовах модернізації освітнього процесу в закладах вищої освіти та постійного вдосконалення, згідно з вимогами розвитку інформаційного суспільства, важливою проблемою є розвиток навчально-методичних систем, що створюють підґрунтя для необмеженого доступу всіх суб'єктів навчання до інформаційних освітніх ресурсів. У контексті сучасного розвитку економіки України особлива увага приділяється розв'язанню складних теоретико-прикладних задач, які кількісно та якісно описують взаємозв'язки між різними економічними об'єктами. Це зумовлює необхідність розробки та вивчення нових напрямів економічної теорії та пов'язаних з нею наукових дисциплін. Насамперед виникає потреба у розвитку й упровадженні навчальних технологій та інноваційних методів навчання, застосування яких дало б можливість сформуванню у студентів нове економічне мислення та розуміння сутності економічних процесів чи явищ, отримати відповідні вміння і навички щодо регулювання та керування цими процесами на будь-якому рівні складності, прогнозувати їх розвиток. У зв'язку з цим важливого значення набуває формування та розвиток компетентностей, пов'язаних з умінням оптимально поєднувати можливості логічного аналізу зі знаннями законів математики, економіки, основ математичного моделювання.

Математичне моделювання при максимальному використанні його потенціалу дає можливість виявити та вирішити професійні проблеми різного характеру: чітко визначати мету дослідження, швидко знаходити можливі варіанти її досягнення, розробляти відповідні моделі економічних об'єктів чи явищ і на основі їх створювати ефективні алгоритми й програми оптимальних шляхів розв'язання актуальних задач.

Студент, який володіє навичками математичного моделювання, стає універсальним спеціалістом — математиком, алгоритмістом, розробником та виконавцем власних проєктів, що завдяки багатовекторності своїх знань і вмінь успішно долає перешкоди у своїй професійній діяльності.

Цілком очевидно, що математика в системі вищої економічної освіти переросла статус загальноосвітньої дисципліни і має стати на основі міжпредметних зав'язків зі спеціальними дисциплінами невід'ємною складовою професійної підготовки.

У зв'язку з цим набуває актуальності вирішення протиріч між потребами сучасної економіки у висококваліфікованих спеціалістах, які ефективно використовують математичний інструментарій у своїй професійній діяльності, і недостатністю науково-методичного забезпечення практико-орієнтованої математичної підготовки студентів.

Дослідження питання економіко-математичного моделювання стало предметом пошуків як вітчизняних, так і закордонних науковців. Так, наприклад, у роботі О. Іващука [1] викладено методологічні основи економіко-математичного моделювання, розкрито інструментарій кількісної оцінки економічних процесів, наведено алгоритми прийняття вигідних управлінських рішень в умовах ризику й невизначеності, їх застосування у виробництві, економіці, фінансово-кредитній системі й бізнесі. С. Наконечний та ін. [2] зосередив свою увагу на розкритті основних методів оцінювання параметрів економетричних моделей з урахуванням особливостей економічної інформації.

У докторській дисертації Л. Ільч [3] використовувала економетричну модель множинної регресії для аналізу структурних зрушень у сфері зайнятості як на регіональному рівні, так і по Україні в цілому. Останні досягнення в економетричному моделюванні та методах прогнозування попиту на туризм висвітлено у наукових пошуках Н. Hilaly та Н. El-Shishiny [4]. У відповідному дослідженні представлено аналіз економетричних моделей, що використовуються при моделюванні та прогнозуванні туристичного попиту, продемонстровано переваги та недоліки кожної з них.

Досить цікавим, на нашу думку, є застосування економетричного моделювання для аналізу корупції, здійснене когортою бухарестських дослідників Т. Andrei, S. Stancu, M. Nedelcu, A. Matei [5].

Науковці розглянули різні моделі регресійних і одночасних рівнянь, які характеризують залежність рівня корупції від низки факторів, таких як тиск політичної системи, прозорість адміністрації, ставлення державних службовців до роботи.

До питання формування фахових компетентностей звернувся у своїх роботах О. Лисак [6]. Зокрема, на основі узагальнення літературних джерел з проблеми дослідження ним визначено структуру професійних компетентностей (ПК) майбутніх економістів та її складові компоненти.

Впровадження цифрових технологій в освітній процес досліджують В. Биков, О. Спірін [7], С. Литвинова [8], О. Мерзликін [9], Н. Морзе [10] та ін. У своїх роботах науковці визначають актуальні завдання розроблення комп'ютерно орієнтованих методичних систем навчання, створення та використання електронних освітніх ресурсів, середовища неперервного розвитку ІКТ-компетентності суб'єктів освітнього процесу, здійснення педагогічних досліджень з інформатизації освіти. Висвітлюють дослідження ІКТ-компетентностей студентів та їхньої здатності використовувати інформаційні та комунікаційні технології для здійснення інформаційної діяльності у своїй професійній галузі; розглядають особливості формування якісного сучасного хмаро орієнтованого персоналізованого освітнього середовища, враховуючи ІКТ-компетентність учасників навчального процесу.

Крім того, закордонний досвід впровадження ІКТ в освітній процес засвідчує підвищення якості освіти. Так, за результатами найбільшого системного аналізу 225 досліджень, які було проведено серед студентів ЗВО, визначено, що успішність майбутніх фахівців при активному навчанні зросла на 47 %, зокрема середній бал успішності студентів покращився на 6 % [11]. Слід зазначити, що впровадження ІКТ в освітній процес під час навчання економетричного моделювання робить акцент саме на активному навчанні.

Цікавим для нашого дослідження є досвід використання електронних навчальних курсів (ЕНК). Так, С. Brooke, Р. McKinney та А. Donoghue зазначають [12, 614], що студенти, які користуються електронним навчальними курсами на платформі дистанційного навчання, раціональніше використовують власний час, виділений на навчання.

Як бачимо, реалізовані дослідження спрямовані або на побудову та аналіз визначених економічних проблем, або на впровадження ІКТ в освітній процес та підвищення рівня якості освіти за рахунок використання електронних навчальних курсів. Однак розгляд методичних питань навчання економетричного моделювання в поєднанні з методами математичного моделювання та ІКТ не знайшло відображення серед наукових пошуків. Тому питання реалізації завдань освітнього процесу навчання майбутніх фахівців економіко-математичного моделювання із застосуванням цифрових технологій залишається відкритим і потребує дальшого ретельного вивчення.

Метою статті є висвітлення особливостей впровадження цифрових технологій в освітній процес навчання економіко-математичного моделювання студентів економічних та математичних спеціальностей.

Вважаємо, що для реалізації завдання якісної підготовки студентів, які вивчають економіко-математичне моделювання в межах дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання», необхідно впроваджувати ІКТ у двох напрямках: для організації освітнього простору та у процесі розв'язування прикладних задач, які перебувають на стику галузей економіки та математики.

Передумовою організації освітнього простору є наявність необхідної матеріально-технічної бази (комп'ютери, програмне забезпечення, канали зв'язку) та інформаційного освітнього середовища, ефективність й основу якого становлять засоби ІКТ. Інформаційно-освітнє середовище у психолого-педагогічній літературі трапляється в різних варіантах, а саме: «комп'ютерне середовище», «інноваційно-розвивальне середовище», «єдине освітнє інформаційне середовище», «інформаційно-навчальне середовище», «комп'ютерно-навчально-розвивальне середовище» [13, 220].

За педагогічним словником С. Гончаренка, інформаційно-навчальне середовище — це сукупність умов, які сприяють виникненню і розвитку процесів інформаційної взаємодії між студентами, викладачем та засобами інформаційних технологій, формують пізнавальну активність студента за умов наповнення компонентів середовища з предметним змістом певного навчального курсу [14, 220].

Наукові розвідки свідчать про те, що умовою здійснення ефективної навчальної діяльності в інформаційному освітньому середо-

вищі є наявність відповідного комп'ютерно орієнтованого навчального забезпечення [13, 220].

Вважаємо, що інформаційно-освітнє середовище може бути організоване за рахунок діяльності викладача із використанням низки цифрових інструментів, таких як ресурси для спільної роботи, ресурси для проведення відеоконференції та електронного навчального курсу предметів, спрямовані на навчання економіко-математичного моделювання, на базі платформи дистанційного навчання. У Київському університеті імені Бориса Грінченка впроваджено в освітній процес платформу дистанційного навчання Moodle. Тому електронні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» представлено саме на її базі.

На початку вивчення дисципліни студенти на віртуальній дошці розміщують відповіді на запитання викладача: «Які очікування у вас від дисципліни?», «Що ви вже знаєте з предмета?», «Що ви хочете дізнатися?». Приклад відповідей студентів представлено на *рис. 1.7.1*.

Електронні навчальні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» мають уніфіковану структуру: загальні відомості про дисципліну (робоча програма навчальної дисципліни, тематичний план, критерії оцінювання, друковані джерела та інтернет-ресурси, глосарій); змістові модулі, які включають відомості про основні теми модуля, теоретичний матеріал у вигляді структурованого лекційного матеріалу, поданого засобом «урок», мультимедійних презентацій лекцій, аудіо- й відеонавчальних матеріалів та тестів (навчального й контрольного); лабораторні роботи, в яких відображається зміст роботи, список індивідуальних завдань та методичні рекомендації з виконання роботи; завдання для самостійної роботи з методичними вказівками до їх виконання, список індивідуальних завдань та критеріїв для їх оцінки; завдання для модульної контрольної роботи, що передбачає виконання індивідуальних завдань та критерії оцінювання виконаної роботи [15].

Кожен з означених блоків ЕНК сприяє реалізації окремих завдань. Так, теоретичний матеріал побудовано таким чином, щоб студент, який пропустив заняття, з легкістю зміг опанувати навчальний матеріал, а студент, який був в аудиторії на занятті, зміг системати-

зувати отриманий матеріал, перевірити себе на розуміння та сприйняття теми за допомогою тестів, вбудованих у лекції. За наявності запитань студенти мають можливість їх поставити на форумі обговорення запитань з теми кожного змістового модуля.

Оксана Михайлівна Глушак + 28 · 3 місяця

### Очікування від курсу "Економетрія"

Очікування	Знаю	Хочу дізнатися
+	+	+
Вижити	Нічого	Як добре скласти залік
Отримати нові цікаві знання	Трішки вищу математику	Як застосовувати економетрику в житті, а саме на роботі
Гарне пояснення та взаєморозуміння	На даний момент нічого	Як розв'язувати задачі
Детальне й зрозуміле пояснення лекцій	Нічого	Наскільки ця дисципліна буде корисна для мене як менеджера
Новий тип задач та рішень	Знаю	Вивчити цей предмет
Дізнатися, що це таке!	Нічого	Задачі будуть????
Отримати максимум знань з цієї дисципліни	Нічого	Суть даної дисципліни
Дізнатися для чого дисципліна в майбутньому для фінансиста, практичне використання	Нічого	Наскільки багато треба працювати
	Нічого	Усе
	Нічого не знаю	

Рис. 1.7.1. Спільна діяльність студентів із використанням віртуальної дошки Padlet

Робота з теоретичним матеріалом передбачала використання низки цифрових інструментів. Наприклад, відповіді на запитання з теоретичного матеріалу студенти записували у вигляді

відеопояснень (як-от, відеовідповідь на запитання: «Специфікація: означення, суть процесу; кореляційне поле» доступна для перегляду за посиланням: <https://drive.google.com/file/d/1IsfTAOZn0GEdI9wj2Iu6b7U8V4IswNsL/view>).

На нашу думку, доволі корисним для спільної діяльності та швидкої комунікації викладача і студентів під час опрацювання теоретичного матеріалу є використання віртуальної дошки Padlet (<https://uk.padlet.com>), до якої можна додавати різні типи даних: текст, посилання на ресурси мережі «Інтернет», графічне зображення, відео, файл з комп'ютера тощо. (На *рис. 1.7.2* наведено приклад формулювання запитання до зображення.)

**Сформулюйте по 2 запитання до зображення**  
Дисципліна: "Економетрія" Тема: "Побудова та аналіз найпростішої економетричної моделі"

1. За якою теорії можна визначити коефіцієнт на цих малюнках?  
2. На якому з малюнків значення буде найменшим?

Коряк Олена  
1. В якому з варіантів коефіцієнт  $R^2$  буде більшим?  
2. Якою буде залежність між змінними на малюнках, та як називається рівняння, яким ця залежність описана?

1. Як можна описати залежність між змінними?  
2. Який тип взаємозв'язку між змінними?

1) Чи можна сказати, що дана модель нелінійна?  
а) Яке рівняння можна

1. Яке значення мають коефіцієнти кореляції на малюнках?  
2. Підберіть регресивне рівня до рис. b.

1. У чому полягає різниця рис. a і b?

*Рис. 1.7.2.* Спільна діяльність студентів із використанням віртуальної дошки Padlet

Так, до ресурсів ЕНК включено посилання на ментальні карти, за допомогою яких студенти мають можливість створювати конспекти лекцій (*рис. 1.7.3*).

На нашу думку, для кращого засвоєння студентами навчального матеріалу буде ефективно, якщо вони сформулюють запитання до вивченої теми у вигляді тестів. Тому їм було запропоновано після розгляду теми «Дослідження на мультиколінеарність» за допомогою ресурсу Google Форми (<https://docs.google.com/forms>) створити тест до вивченого матеріалу (*рис. 1.7.4*).

Доцільно для розуміння того, як студенти сприйняли теоретичний матеріал, організувати їхню діяльність за допомогою ресурсу Форум ЕНК. Так, їм було запропоноване таке завдання: «Опрацювати

матеріал лекції 5 та сформулювати по 2 запитання до неї в 3 категоріях (легкі, середньої складності та складні)». Всі запитання студенти розміщували у форумі (рис. 1.7.5)

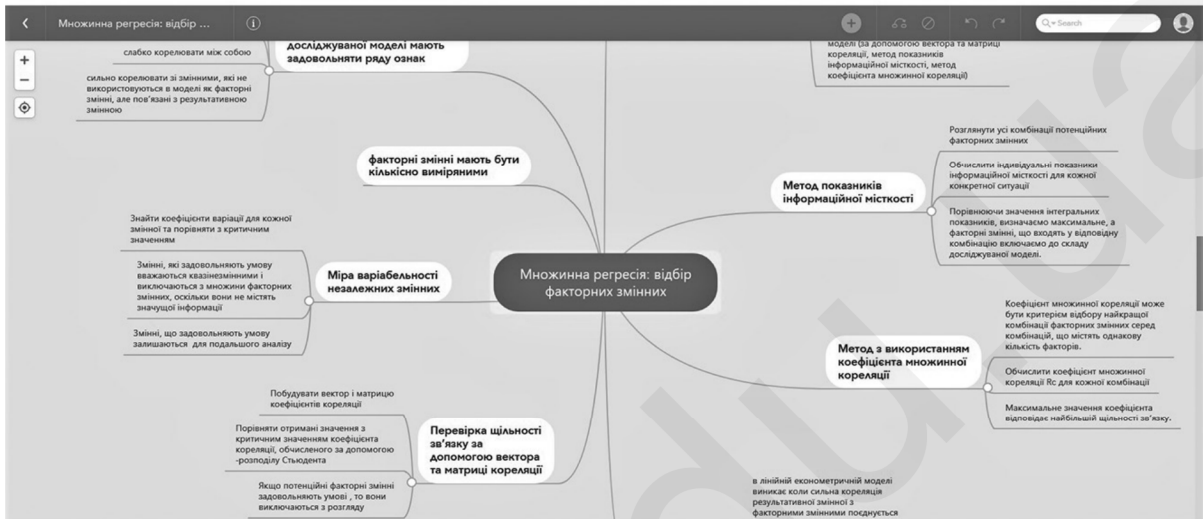


Рис. 1.7.3. Приклад конспекту лекції на тему «Множинна регресія: відбір факторних змінних» (<https://www.mindmeister.com/>)

### Тест "Мультиколінеарність"

Електронну адресу o.hlushak@kubg.edu.ua буде записано під час надсилання цієї форми. Це не ви? [Змінити обліковий запис](#)

\*Обов'язкове поле

Вкажіть метод виявлення мультиколінеарності? \* 1 бал

Ефект каталізу  
 Метод інформаційної місткості  
 Алгоритм Феррара-Глобера  
 Обчислення показник детермінації  
 Інше

Які ознаки має мультиколінеарність? \* 1 бал

велике значення коефіцієнту детермінації поряд з незначущістю коефіцієнтів моделі  
 велике значення парних коефіцієнтів кореляції незалежних (факторних) змінних  
 варіабельність  
 низький показник залежності між факторними змінними  
 наявність лише двох факторних змінних

Які наслідки має мультиколінеарність? \* 2 бали

### Мультиколінеарність

Електронну адресу o.hlushak@kubg.edu.ua буде записано під час надсилання цієї форми. Це не ви? [Змінити обліковий запис](#)

Мультиколінеарність факторів: 1 бал

негативно впливає на економетричну модель  
 позитивно впливає на економетричну модель  
 Інше: \_\_\_\_\_

Мультиколінеарність виникає тоді, коли: 1 бал

Незалежні змінні корелюють між собою  
 Незалежні змінні не корелюють між собою

Які статистичні критерії досліджують наявність мультиколінеарності? 2 бали

Т- критерій Стьюдента  
  $\chi^2$  -критерій  
 F – критерій Бішера  
 Всі досліджують  
 жоден не досліджує

Рис. 1.7.4. Приклади розробок тесту до теми «Дослідження на мультиколінеарність» за допомогою Google Форми



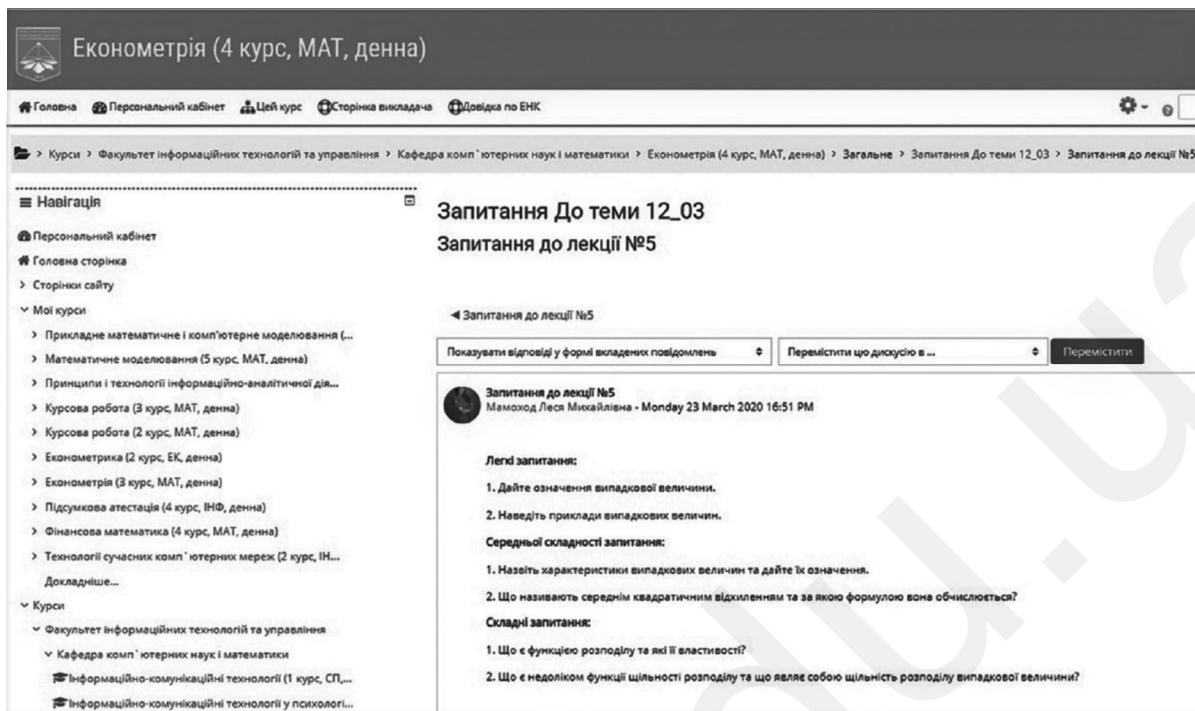


Рис. 1.7.5. Приклади використання форуму ЕНК для опрацювання теоретичного матеріалу

Лабораторні роботи у ЕНК представлені у вигляді вебсторінок із загальною структурою: тема, мета, завдання, форма подання результатів, терміни виконання, критерії оцінювання та навчально-методичні матеріали, з якими рекомендовано ознайомитися. Це, зокрема, методичні рекомендації до виконання завдань, запитання для підготовки до лабораторних робіт, покрокові алгоритми виконання завдань, приклади побудови та дослідження моделей. Окрім того, блок лабораторних робіт містить навчальні відео для виконання завдань з протоколу лабораторної роботи.

Для візуалізації теоретичного матеріалу та провадження дослідницько-орієнтованого підходу в навчанні під час виконання лабораторних робіт вважаємо за доцільне використовувати ресурси порталу Go-Lab (<https://www.golabz.eu/>). Останній дає змогу викладачеві працювати з базою готових лабораторій та навчальних просторів (ILS), а за допомогою інструмента Graasp (<https://graasp.eu/>) створювати власні освітні простори, користуватися службою підтримки проекту.

Так, готовим ресурсом з теми «Парна лінійна регресія» є Least-Squares Regression, доступний за посиланням: <https://www.golabz.eu/>.

eu/lab/least-squares-regression (рис. 1.7.6). Викладач, використовуючи останній, показує студентам вибірку, далі, змінюючи значення коефіцієнтів теоретичного рівняння регресії за допомогою повзунка, демонструє, як відбувається наближення за допомогою прямої, як вивести на екран похибки, їх квадрати та показати на екрані зміну значення суми квадратів похибок. Крім цього, праворуч розташоване вікно, в якому можна відобразити найоптимальніше рівняння моделі парної лінійної регресії із відображенням похибок, квадратів похибок та коефіцієнта кореляції.

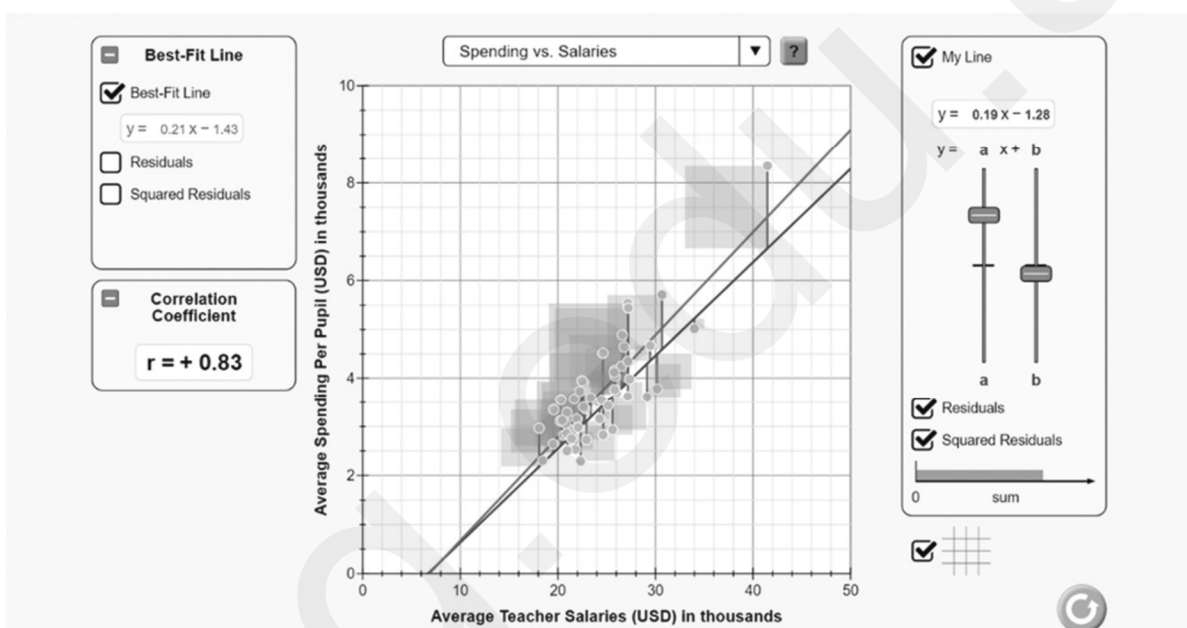


Рис. 1.7.6. Лабораторія “Least-Squares Regression”

Після завершення заняття студенти на віртуальній дошці проводять рефлексію: оцінюють власний прогрес, демонструють своє розуміння матеріалу та здобуті навички, порівнюють власні судження з думками інших, формулюють нові запитання, які заглиблюють у поняття чи тему (рис. 1.7.7).

Для самоперевірки студентів заплановано блок завдання для самостійної роботи, який передбачає індивідуалізовані завдання для кожного, методичні рекомендації до їх виконання, контрольні запитання.

На завершення вивчення кожного модуля студентам економічних та математичних спеціальностей пропонується модульна

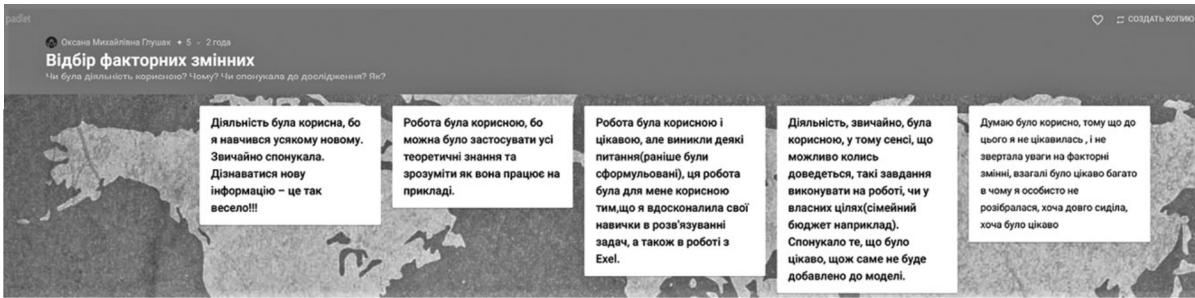


Рис. 1.7.7. Приклад рефлексії студентів після вивчення теми «Відбір факторних змінних»

контрольна робота. Форма її проведення для кожного змістового модуля може бути різною: або комплексний тест, який передбачає відповіді на 40 запитань різного типу (багатоваріантні, альтернативні, з короткою відповіддю, числові, запитання на встановлення відповідності), або побудова та дослідження економіко-математичної моделі за індивідуальним набором вхідних даних.

На нашу думку, такий методичний підхід до подання навчального матеріалу із використанням ІКТ для побудови електронного освітнього середовища сприятиме розвитку мотивації студентів до вивчення дисципліни, впровадженню системного підходу до засвоєння навчального контенту та реалізації принципів особистісно орієнтованого підходу. За рахунок використання ЕНК під час вивчення дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» викладач зможе організувати індивідуальну, групову та фронтальну форми роботи студентів.

Другим напрямом впровадження ІКТ у процес навчання економіко-математичного моделювання студентів економічних та математичних спеціальностей є демонстрація ІКТ як інструментарію для побудови й дослідження економетричних моделей. Розглянемо це більш детально на прикладі задачі залежності рівня зайнятості населення України від впливу таких факторів:

- 1) частки штатних працівників з вищою освітою у % до облікової чисельності;
- 2) темпу зростання продуктивності праці;
- 3) темпу зростання середньої заробітної плати;
- 4) індексу капітальних інвестицій;
- 5) коефіцієнта покриття експортом імпорту.

Задачу розв'яжемо за допомогою прикладного програмного забезпечення загального призначення MS Excel.

Першим етапом для побудови та дослідження економетричної моделі є ідентифікація змінних. За результатами ідентифікації отримуємо:

$Y$  — рівень зайнятості населення України;

$X_1$  — частка штатних працівників з вищою освітою в Україні;

$X_2$  — темп зростання продуктивності праці в Україні;

$X_3$  — темп зростання середньої заробітної плати в Україні;

$X_4$  — індекс капітальних інвестицій в Україні;

$X_5$  — коефіцієнт покриття експортом імпорту в Україні.

Специфікація моделі є другим етапом побудови, що передбачає вибір форми зв'язку  $f$  між факторними та результативною змінною. Побудову кореляційного поля залежності рівня зайнятості населення України від кожного із зазначених факторів здійснюватимемо за допомогою точкової діаграми у MS Excel (рис. 1.7.8). Для визначення найкращого типу взаємозв'язку фактору з результатом будемо користуватися лінією тренду. За допомогою діалогового вікна формату лінії тренду виведемо на діаграму коефіцієнт детермінації та рівняння моделі (рис. 1.7.9).

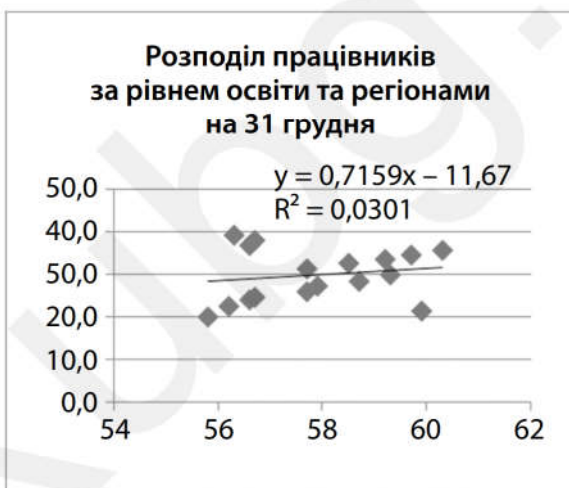


Рис. 1.7.8. Діаграма розсіювання

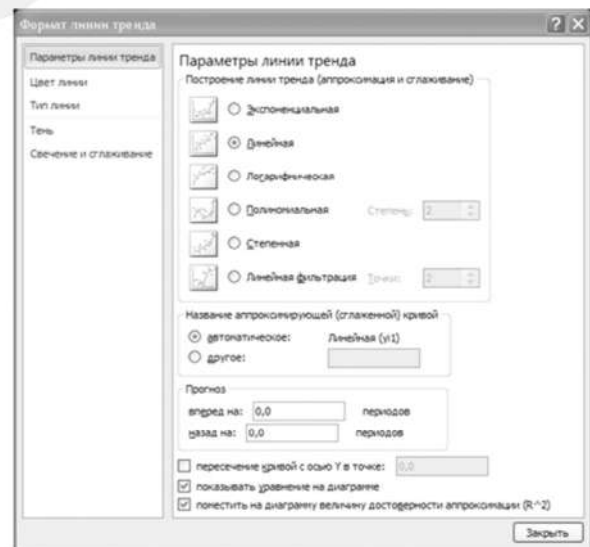


Рис. 1.7.9. Параметри налаштування лінії тренду

Порівнюючи коефіцієнти детермінації для кожного типу відповідних залежностей  $R^2$ , можемо дійти висновку про те, що найбільш

оптимальними виявилися залежності, для яких величина  $R^2$  набуває максимального значення з можливих. Отже, на основі здійсненого дослідження було встановлено існування лінійного зв'язку між відповідними факторами економетричної моделі. Звідси теоретичне рівняння множинної регресії набуде вигляду:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + u. \quad (1)$$

Наступний етап побудови моделі — параметризація, тобто знаходження оцінок параметрів  $\hat{a}_i$  ( $i = 0, 5$ ) та побудова відповідного регресійного рівняння. Цей етап можна реалізувати в MS Excel кількома способами. Перший — суто математичний. Він полягає у визначенні оцінок параметрів шляхом застосування методу найменших квадратів за допомогою чисельних розрахунків. Для цього вектор-стовпець спостережень залежної (результативної) змінної  $Y$  та матрицю спостережень незалежних (факторних) змінних  $X_i$  застосовуємо для обчислення оцінки регресійних коефіцієнтів за формулою:

$$\hat{A} = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y, \quad (2)$$

де  $\hat{A}$  — вектор-стовпець оцінок коефіцієнтів рівняння;  $X^T$  — транспонована матриця до матриці  $X$ ;  $(X^T X)^{-1}$  — обернена матриця до добутку двох матриць  $X^T X$ .

Для реалізації цього методу студенти повинні вміти множити матриці, шукати транспоновану та обернену матриці в MS Excel за допомогою математичних функцій МУМНОЖ (MMULT), ТРАНСП (TRANSPOSE), МОБР (MINVERSE).

Другий спосіб знаходження оцінок параметрів реалізується через надбудову «Пакет аналізу», інструмент «Регресія». Після введення діапазону, що містить набір статистичних даних залежної змінної  $Y$  (рівень зайнятості населення України) та набір спостережень незалежних (факторних) змінних  $X_i$ , MS Excel виводить на екран підсумки, в яких відображено оцінки коефіцієнтів (рис. 1.7.10).

Третій спосіб знаходження оцінок параметрів полягає у застосуванні статистичної функції ЛИНЕЙН (LINEST), яка після введення відомих значень  $Y$ ,  $X_i$ , константи та статистики виводить ре-

зультат у вигляді таблиці розмірністю 5 рядків та 6 стовпців за допомогою натискання комбінації кнопок Ctrl+Shift+Enter (табл. 1.7.1).

1	Вывод итогов								
2									
3	Регрессионная статистика								
4	Множественный R	0,501728543							
5	R-квадрат	0,25173153							
6	Нормированный R-квадрат	-0,088390501							
7	Стандартная ошибка	1,517111003							
8	Наблюдения	17							
9									
10	Дисперсионный анализ								
11		df	SS	MS	F	Значимость F			
12	Регрессия	5	8,517410372	1,703482074	0,740121213	0,609206985			
13	Остаток	11	25,31788375	2,301625795					
14	Итого	16	33,83529412						
15									
16		Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
17	Y-пересечение	45,72338655	8,011134005	5,70747993	0,000136673	28,09099949	63,35577361	28,09099949	63,35577361
18	Переменная X 1	0,506111339	0,309699046	1,634203741	0,130483068	-0,175531665	1,187754343	-0,175531665	1,187754343
19	Переменная X 2	-0,00002252	0,00023614	-0,095374478	0,92573268	-0,000542263	0,000497219	-0,000542263	0,000497219
20	Переменная X 3	-0,001661698	0,002012612	-0,825642346	0,426551123	-0,006091427	0,002768032	-0,006091427	0,002768032
21	Переменная X 4	0,015661933	0,023063952	0,679065462	0,5111131637	-0,035101482	0,066425348	-0,035101482	0,066425348
22	Переменная X 5	-0,886383793	1,067607512	-0,830252488	0,424049221	-3,236172083	1,463404498	-3,236172083	1,463404498
23									
24									

Рис. 1.7.10. Знаходження оцінок параметрів за допомогою інструмента «Регресія» надбудови «Пакет аналізу»

Таблиця 1.7.1

### РЕЗУЛЬТАТ ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ ЛИНЕЙН (LINEST)

-0,8864	0,0157	-0,0017	0,00002	0,5061	45,7234
1,0676	0,0231	0,0020	0,0002	0,3097	8,0111
0,2517	1,5171	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
0,7401	11,0000	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
8,5174	25,3179	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

У першому рядку таблиці подано значення оцінок параметрів. Таким чином результуюче рівняння множинної регресії набуде вигляду:

$$\hat{Y} = 45,723 + 0,506X_1 - 0,00002X_2 - 0,002X_3 - 0,016X_4 + 0,886X_5. \quad (3)$$

Слід зазначити, що два останні способи знаходження оцінок параметрів, на нашу думку, доцільно використовувати лише після ознайомлення студентів з першим способом, який демонструє покрокове застосування математичного апарату для знаходження оцінок параметрів.

Наступним етапом є дослідження моделі — перевірка на адекватність, яка передбачає визначення середнього значення відносних похибок апроксимації  $A_i$ , що вимірюється у відсотках і обчислюється за формулою:

$$A_i = \left| \frac{u_i}{y_i} \right| \cdot 100\% . \quad (4)$$

Звідси,  $\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \sum A_i$ . Ці розрахунки студентам пропонується оформити у вигляді таблиці (табл. 1.7.2).

Таблиця 1.7.2

ТАБЛИЦЯ ДЛЯ ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКІВ

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	$\hat{Y}$	u	u <sup>2</sup>	$\frac{u_i}{y_i}$	Y <sup>2</sup>
---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------	---	----------------	-------------------	----------------

Знайти коефіцієнт детермінації  $R^2$  за формулою:

$$R^2 = 1 - \frac{S_u^2}{S_y^2} = 1 - \frac{\overline{u^2} - \bar{u}^2}{y^2 - \bar{y}^2} . \quad (5)$$

Так, здійснивши розрахунки, отримаємо  $\bar{A} \approx 1,7\%$ ,  $R^2 = 0,888207527 \approx 0,89$ . Отже, можемо стверджувати, що побудована модель є адекватною, оскільки середнє значення відносних похибок апроксимації перебуває в межах 8–10 %. Коефіцієнт детермінації прямує до 1, а чим ближче  $R^2$  до одиниці, тим суттєвішим є зв'язок між цими змінними. Тобто зміна результативної змінної значною мірою пояснюється зміною факторної змінної і лише незначна частина змін — іншими факторами.

Останній етап дослідження моделі — перевірка на статистичну значущість. Для перевірки статистичної значущості отриманих результатів пропонуємо студентам два критерії — критерій Фішера ( $F$ -критерій) та критерій Стьюдента ( $t$ -критерій).

Перевіряючи на статистичну значущість, висуваємо дві гіпотези: нульову  $H_0 : R^2 = 0$  та альтернативну до неї  $H_1 : R^2 \neq 0$ . Далі обчислюємо експериментальне значення за формулами кожного з критеріїв, знаходимо табличні значення останніх при визначеній кількості ступенів вільності, порівнюємо з експериментальними значеннями. Згідно з отриманими даними доходимо відповідних висновків: якщо експериментальне значення перевищує табличне, то нульову гіпотезу відхиляють.

Слід наголосити на тому, що табличні значення за критерієм Фішера ( $F$ -критерій) та критерієм Стьюдента ( $t$ -критерій) потрібно знаходити за допомогою статистичних функцій — FРАСПОБР (FINV) та СТЮДРАСПОБР (TINV).

За описаним розрахунками знаходимо  $F_{\text{експ}} = 17,479$  та  $F_{\text{табл}} = 3,204$ . Оскільки  $F_{\text{експ}} > F_{\text{табл}}$ , то нульову гіпотезу відхиляємо. Отже, модель є статистично значущою.

Аналогічні результати отримуємо за критерієм Стьюдента. Так,  $t_{\text{експ}} = 9,349$  та  $t_{\text{табл}} = 2,593$ . Оскільки  $|t_{\text{експ}}| > t_{\text{табл}}$ , то нульову гіпотезу відхиляємо. Отже, модель є статистично значущою.

У ході дослідження було сформульовано такі висновки.

1. Визначено, що математичне моделювання при максимальному використанні його потенціалу дає можливість виявити та вирішити професійні проблеми різного характеру: чітко визначати мету дослідження та швидко знайти можливі варіанти її досягнення; розробити відповідні моделі економічних об'єктів чи явищ і на їх основі створити ефективні алгоритми та програми оптимальних шляхів розв'язання актуальних завдань.

2. Зазначено, що для реалізації завдання отримати якісну підготовку студентів із вивчення побудови та дослідження економіко-математичного моделювання в межах дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» необхідно впроваджувати ІКТ у двох напрямках — для організації освітнього простору та в ході розв'язування прикладних задач, які перебувають на стику галузей економіки й математики.



Установлено, що для організації освітнього простору доцільно використовувати електронні навчальні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання», які є комплексом навчально-методичних матеріалів, створених для організації індивідуального та групового навчання з використанням цифрових технологій, спрямованих на навчання економіко-математичного моделювання студентів економічних і математичних спеціальностей. Спираючись на окреслені можливості застосування ЕНК та його дидактичні функції, розроблено й висвітлено структуру електронного навчального курсу навчальних дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» на базі платформи Moodle.

3. Розглянуто особливості застосування MS Excel на прикладі задачі залежності рівня зайнятості населення України від впливу вибраних факторів. Схарактеризовано різні етапи побудови та дослідження економетричної моделі: ідентифікація змінних, специфікація моделі, параметризація та перевірка на статистичну значущість отриманих результатів.

Перспективою подальших досліджень вважаємо доведення ефективності використання ІКТ для поліпшення додаткових фахових компетентностей майбутніх студентів економічних та математичних спеціальностей.

## ДЖЕРЕЛА

1. Іващук О.Т. Економіко-математичне моделювання. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008.

2. Наконечний С.І., Терещенко Т.О. та Романюк Т.П. Економетрія. К.: КНЕУ, 2000.

3. Ільч Л.М. Структурні зрушення транзитивного ринку праці: теорія і методологія регулювання: автореф. дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.07; НАН України, Ін-т демографії та соц. дослідж. ім. М.В. Птухи НАН України. К., 2018.

4. Hilaly H., El-Shishiny H., Recent Advances in Econometric Modeling and Forecasting Techniques for Tourism Demand Prediction URL: [https://www.researchgate.net/publication/265483757\\_Recent\\_Advances\\_in\\_Econometric\\_Modeling\\_and\\_Forecasting\\_Techniques\\_for\\_Tourism\\_Demand\\_Prediction](https://www.researchgate.net/publication/265483757_Recent_Advances_in_Econometric_Modeling_and_Forecasting_Techniques_for_Tourism_Demand_Prediction) (last accessed: 08.02.2019).

5. Andrei T., Stancu S., Nedelcu M., Matei A. Econometric models used for the corruption analysis URL: [https://mpra.ub.unimuenchen.de/19623/1/Econometric\\_Models\\_used\\_for\\_the\\_Corruption\\_Analysis.pdf](https://mpra.ub.unimuenchen.de/19623/1/Econometric_Models_used_for_the_Corruption_Analysis.pdf) (last accessed: 08.02.2019).

6. Лисак О.Б. Формування компетентностей майбутнього фахівця-економіста. URL: <http://intkonf.org/lisak-ob-formuvannya-kompetentnostey-maybutnogo-fahivtsya-ekonomista/> (дата звернення: 08.02.2019).

7. Биков В.Ю., Спірін О.М. та Пінчук О.П. Проблеми та завдання сучасного етапу інформатизації освіти. *Наукове забезпечення розвитку освіти в Україні: актуальні проблеми теорії і практики (до 25-річчя НАПН України)*. К., 2007. С. 191–198.

8. Литвинова С.Г. Поняття та основні характеристики хмаро орієнтованого навчального середовища середньої школи. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. № 2 (40). URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN\\_2014\\_40\\_2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2014_40_2_5) (дата звернення: 08.02.2019).

9. Мерзликін О.В. Хмаро орієнтовані електронні освітні ресурси підтримки навчальних фізичних досліджень. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2015. № 5 (49). С. 106–120. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN\\_2015\\_49\\_5\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2015_49_5_11) (дата звернення: 08.02.2019).

10. Морзе Н. та Співак С. Формування сучасного хмаро орієнтованого персоналізованого освітнього середовища, враховуючи ІКТ-компетентність учасників навчального процесу. *Відкрите освітнє E-середовище сучасного університету*. 2017. № 3. С. 274–282.

11. Freeman S., Eddy S. L., McDonough M., Smith M. K., Okoroafor N., Jordt H., Wenderotha M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *PNAS*. 2014. Vol. 111 (23). P. 8410–8415. URL: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111) (last accessed: 08.02.2019).

12. Brooke C., McKinney P. and Donoghue A. Provision of distance learner support services at U. K. Universities: Identification of best practice and institutional casestudy. *Library Trends*. 2013. Vol. 61(3). P. 23.

13. Сисоєва С.О. та Батечко Н.Г. Вища освіта України реалії: сучасного розвитку. К.: ВД ЕКМО, 2011.

14. Професійна освіта: словник / уклад. С.У. Гончаренко та ін.; за ред. Н.Г. Ничкало. К.: Вища шк., 2000.

15. Бодненко Д.М., Глушак О.М. та Семеняка С.О. Формування інформаційної компетентності майбутніх фінансистів під час вивчення дисципліни «Економетрика». *Освітологічний дискурс*. 2018, № 1–2 (20–21). С. 325–340.