

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-49>

УДК 004.4:519.85

СКІДАН ВЛАДИСЛАВА

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-8358-9759>

e-mail: skidan.vv@knutd.com.ua

ДЕМКІВСЬКА ТЕТЯНА

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-2176-163X>

e-mail: demkivskiy@gmail.com

ВОЛІВАЧ АНТОНІНА

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-7119-7774>

e-mail: volivach.ap@knutd.com.ua

ЧУПРИНКА НАТАЛІЯ

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-8952-7567>

e-mail: natasha-chup@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ СУЧАСНОГО ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТІ

У роботі застосовано моделі гетероскедастичних процесів для аналізу та опису освітніх процесів, вирішено відповідну задачу моделювання.

Ключові слова: часовий ряд, гетероскедастичний процес, волатильність, модель, критерій адекватності, статичні характеристики, автокореляційна функція, часткова автокореляційна функція.

**SKIDAN VLADYSLAVA, DEMKIVSKA TETIANA,
VOLIVACH ANTONINA, CHUPRYNKA NANALIYA**

Kyiv National University of Technologies and Design

MODELING THE RISKS OF THE MODERN EDUCATIONAL PROCESS USING HETEROSCEDASTICITY MODELS

The paper analyzes educational risks, justifies the feasibility of using heteroscedastic process models to predict educational risks, and provides examples of educational risks that can be predicted using heteroscedastic models. A time series was selected for the study, which reflects the dynamics of observations of the weekly number of connections to the online platform before and during the pandemic. To analyze the given series for heteroscedasticity, the method of visual analysis of the residuals of a low-order autoregressive model was used. The econometric package EViews was used for modeling. If volatility is observed (i.e., the variance of the residuals changes over time), this can be observed in the form of an increase or decrease in the spread of the residuals over time or a periodic increase or decrease in the spread. An ARCH(2) model was constructed and tested for adequacy based on the squares of the residuals of a low-order autoregressive model. Analysis of the statistical characteristics of this model showed its inadequacy. To improve the modeling, the ARCH(2) model was expanded by introducing an autoregressive component into its composition. For this purpose, a series of conditional variance was constructed, ACF and CHACF were analyzed for the obtained series, and the order of the autoregressive component models was determined, with which the previously constructed ARCH(2) model can be expanded. A series of GARCH models of different orders was constructed and the best model was determined among the set of constructed models that can be used to describe the dynamics of a given time series. The constructed GARCH(2,3) model provides an opportunity to predict the future volatility of connections to the online platform. This can be useful for developing educational risk management strategies and resource planning. Based on the identified patterns of heteroscedasticity, one can try to develop quantitative indicators that would signal an increase or decrease in educational risks in a timely manner. Such research can deepen understanding of the nature of educational risks in the context of using online platforms and contribute to the development of more effective strategies for managing them.

Keywords: time series, heteroskedastic process, model, adequacy criterion, static characteristics, autocorrelation and partial autocorrelation function.

Стаття надійшла до редакції / Received 08.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 06.06.2025

Постановка проблеми

У сучасних умовах нестабільності освітній процес стає особливо вразливим до зовнішніх і внутрішніх чинників впливу, що спричиняє ризики та негативно впливає на якість формування знань і компетентностей здобувачів освіти. Основне завдання освіти полягає не лише в передачі знань, а й у формуванні необхідних навичок і вмінь, необхідних для успішної професійної реалізації та особистісного зростання.

За відсутності достатніх засобів оцінювання ризиків, заклади освіти змушені розробляти й впроваджувати нові підходи та інструменти управління ними з метою мінімізації їхнього негативного впливу на організацію освітнього процесу.

Дослідження гетероскедастичності може надати важливі відомості щодо динаміки освітніх процесів і чинників, які впливають на їхню стабільність і передбачуваність. Виявлення періодів підвищеної мінливості та аналіз їхніх причин сприяють розробці ефективних заходів для зниження ризиків і зміцнення стійкості освітньої системи.

Прикладами використання гетероскедастичних моделей в освітніх дослідженнях є: моделювання змінної волатильності показників успішності здобувачів освіти у відповідь на оновлення навчальних програм чи впровадження нових методик викладання; плинності педагогічних кадрів залежно від економічної ситуації або змін у системі оплати праці; а також прогнозування нестабільності обсягів фінансування освіти в умовах бюджетних змін і економічних коливань.

Гетероскедастичні моделі самі по собі не розкривають причин виникнення ризиків, однак вони дозволяють їх виявити та здійснити кількісну оцінку. Виходячи з вищезазначеного, можна зробити висновок, що використання моделей гетероскедастичних процесів є обґрунтованим і доцільним для аналізу освітніх ризиків. Вони точніше відображають динаміку освітніх процесів, враховуючи вплив зовнішніх чинників, що сприяє формуванню більш достовірних прогнозів і глибшому розумінню освітніх явищ.

Аналіз останніх досліджень

Актуальність вивчення ризиків в освітньому процесі підтверджується широким висвітленням цієї тематики в сучасній науковій літературі. У роботі [1] детально розглянуто дефінітивні характеристики освітніх ризиків, серед яких – невизначеність, ймовірність негативних наслідків, різний ступінь впливу (від незначного до катастрофічного) та багатовимірність. Освітні ризики поділяються на економічні, соціальні, педагогічні, технологічні та можуть проявлятися на різних рівнях освітньої системи (від окремого закладу освіти до регіонального чи галузевого рівня).

Порівняльний аналіз теоретичних положень дозволив виявити ключові закономірності й зв'язки, на основі яких сформульовано висновки й узагальнення для подальших досліджень і практичного застосування.

Метою дослідження, представленого у джерелі [2], є аналіз ризиків, що можуть виникнути під час реалізації ІТ-проєкту з адміністрування вебресурсів, спрямованого на покращення комунікації між освітнім закладом та зацікавленими сторонами.

У роботі [3] проаналізовано чинники, які негативно впливають на впровадження змін у закладах освіти, зокрема якісний та кількісний склад педагогічного колективу, чисельність учасників освітнього процесу, рівень мотивації керівництва до інновацій та стан матеріально-технічної бази.

У статті [4] розглядається впровадження ризик-менеджменту в освітній сфері України як нового та актуального напрямку. Особлива увага приділяється необхідності застосування ризик-орієнтованого підходу при формуванні систем управління якістю в закладах освіти, адже в умовах постійної невизначеності ризик виступає невід'ємною складовою кожного управлінського рішення.

Загалом, наведені дослідження підтверджують, що ефективне управління ризиками є критичним чинником забезпечення стабільності та якості освітнього процесу в сучасних умовах.

Результати аналізу досліджень у сфері освітніх ризиків вказують на недостатню увагу процесам моделювання та прогнозування. У зв'язку з цим виникає потреба у розробці математичних моделей, що мають важливе значення для формування ефективних стратегій управління освітніми ризиками та планування необхідних ресурсів.

Формулювання цілей статті

Завдання даного дослідження є аналіз освітніх ризиків із застосуванням моделей гетероскедастичних процесів та вибір оптимальної моделі з-поміж низки побудованих моделей-кандидатів, придатної для прогнозування на основі оцінки її статистичних характеристик.

Виклад основного матеріалу

Освітні ризики, такі як ймовірність низької успішності здобувачів освіти, плинність кадрів, недостатнє фінансування або непередбачувані обставини (наприклад, природні катаклізми, пандемії, збройні конфлікти, енергетичні кризи), зазвичай не є стабільними протягом тривалого періоду. Їх міра мінливості (волатильність) може змінюватися під впливом різних чинників: економічних коливань, змін в освітній політиці, соціальних тенденцій, впровадження нових технологій, реформ навчальних програм тощо. Моделі з постійною дисперсією (гомоскедастичні) не здатні адекватно відобразити ці періоди підвищеної або зниженої невизначеності, що призводить до неточних прогнозів та оцінок ризиків.

Часто періоди високої волатильності освітніх ризиків мають схильність групуватися у часі, так само, як і періоди низької волатильності. Наприклад, запровадження реформ в освіті може викликати етап підвищеної невизначеності та коливань у різних складових освітнього процесу. Натомість у період адаптації до нововведень рівень волатильності, як правило, зменшується.

Гетероскедастичні моделі, зокрема модель авторегресійної умовної гетероскедастичності (ARCH) та модель узагальненої авторегресійної умовної гетероскедастичності (GARCH), можуть бути ефективно використані для виявлення кластеризації волатильності. Врахування гетероскедастичності дає змогу точніше оцінювати дисперсію (як міру ризику) та формувати більш обґрунтовані прогнози. Це, у свою чергу, сприяє ухваленню виважених управлінських рішень у сфері освіти, зокрема щодо розподілу ресурсів, оцінки ефективності освітніх програм та реагування на потенційні ризики.

Прикладами освітніх ризиків, які можна прогнозувати за допомогою гетероскедастичних моделей, є ризик академічної неуспішності серед здобувачів освіти, ризик нерівномірного рівня якості освіти, ризик неефективності окремих освітніх програм тощо. Застосування таких моделей дає змогу виявити періоди підвищеної нестабільності та адаптувати управлінські рішення до потреб конкретних умов.

Гетероскедастичність у статистиці означає, що дисперсія (тобто варіативність або мінливість) похибок моделі змінюється залежно від значень незалежних змінних або від часу, і не залишається сталою для всіх спостережень [5]. У сфері освіти це може свідчити про те, що варіація навчальних результатів – наприклад, тестових балів – може бути неоднаковою серед різних груп здобувачів освіти.

Для прикладу розглянемо часовий ряд (рис. 1), що відображає динаміку щотижневої кількості підключень до навчальної онлайн-платформи під час дистанційного навчання в умовах війни. У цьому часовому ряді можна спостерігати зміну рівня мінливості: до початку війни – відносно стабільне користування, а в період війни – суттєве зростання та коливання активності, що свідчить про наявність гетероскедастичності. Такий аналіз дозволяє глибше зрозуміти поведінку користувачів у кризових умовах та адаптувати цифрові освітні рішення відповідно до потреб різних періодів.

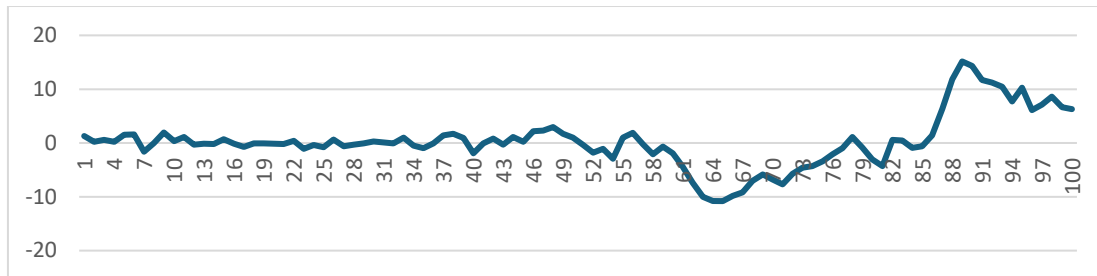


Рис. 1. Динаміка ряду спостережень щотижневої кількості підключень до навчальної онлайн-платформи до та під час війни

Для перевірки часових рядів на наявність гетероскедастичності було застосовано метод візуального аналізу, що полягає у дослідженні графіку залишків моделі. При наявності гетероскедастичності спостерігається зміна дисперсії залишків у часі, що проявляється у вигляді збільшення або зменшення розкиду залишків, а також періодичних коливань їх варіації.

Отже, для перевірки на гетероскедастичність застосовано таку послідовність кроків:

крок 1: побудова авторегресійної моделі низького порядку AR(1) (рис. 2);

крок 2: визначення залишків побудованої моделі;

крок 3: побудова і аналіз графіку залишків моделі.

Моделювання проводилось із застосуванням економетричного пакету EViews.

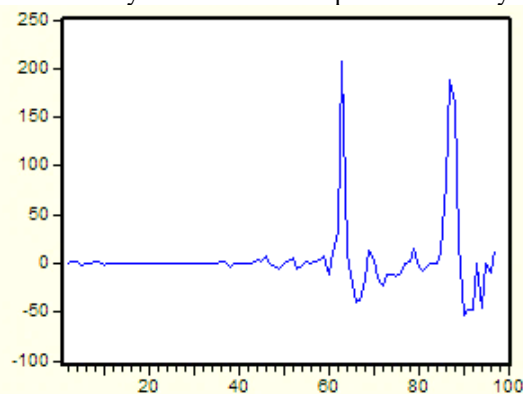


Рис. 2. Графік залишків моделі AR(1)

З аналізу графіка залишків побудованої авторегресійної моделі AR(1) можна зробити висновок, що у часовому ряді спостерігаються різкі коливання рівня волатильності, що є характерною ознакою гетероскедастичності. Це свідчить про те, що дисперсія похибок змінюється з часом, тобто не є сталою, а отже, вхідний ряд описує гетероскедастичний процес.

У зв'язку з цим для подальшого моделювання доцільно використати моделі авторегресійної умовної гетероскедастичності – ARCH та GARCH, що дозволяють врахувати змінну дисперсію та моделювати періоди зростання чи зниження нестабільності у часових рядах.

Для визначення порядку моделі ARCH побудовано ряд квадратів залишків моделі AR(1), після чого здійснено аналіз його автокореляційної функції (АКФ) та часткової автокореляційної функції (ЧАКФ). На рис. 3 подано вигляд АКФ та ЧАКФ для квадратів залишків, що дозволяє обґрунтовано визначити оптимальний порядок моделі ARCH.

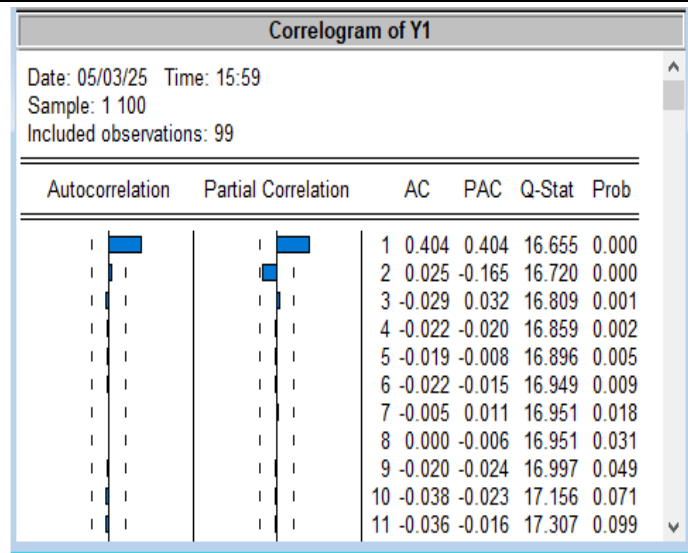


Рис. 3. АКФ та ЧАКФ ряду квадратів залишків моделі AR(1)

Аналіз цих функцій показує, що ЧАКФ має значимі лаги 1 і 2. Згідно методики побудови моделей гетероскедастичних процесів, описаної в [6], побудовано модель ARCH(2). Результати моделювання представлено на рис.4.

$$Y1=C(1)+C(2)*Y1(-1)+C(3)*Y1(-2)$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	3.973860	2.475661	1.605171	0.1118
C(2)	0.470585	0.101724	4.626093	0.0000
C(3)	-0.165058	0.101724	-1.622615	0.1080
R-squared	0.185958	Mean dependent var	5.719935	
Adjusted R-squared	0.168638	S.D. dependent var	25.84761	
S.E. of regression	23.56761	Akaike info criterion	9.188063	
Sum squared resid	52210.63	Schwarz criterion	9.267693	
Log likelihood	-442.6211	Durbin-Watson stat	1.989608	

Рис. 4. Статистичні характеристики моделі ARCH(2)

Отримали модель:

$$y1(t) = 3.9739 + 0.4706 * y1(t - 1) - 0.1651 * y1(t - 2)$$

Попередній аналіз статистичних характеристик моделі не підтверджує її адекватність. Такий висновок ґрунтується на значенні коефіцієнта детермінації R-squared 0.18, що є істотно нижчим від прийнятного рівня (для адекватної моделі він має бути наближеним до 1). Отже, модель, побудована на основі квадратів залишків моделі AR(1), не забезпечує достатньо точного опису процесу і не є адекватною для прогнозування.

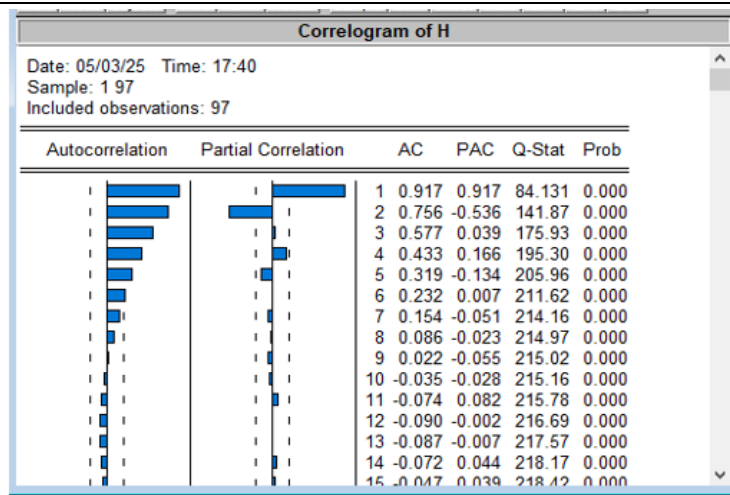
Для покращення моделі застосовано модель ARCH(2), модифіковану шляхом включення авторегресійної складової. Такий підхід дозволяє краще врахувати структуру залежностей у даних та підвищити точність оцінювання умовної дисперсії.

Для перевірки якості отриманої моделі побудовано ряд умовних дисперсій, які можуть бути обчислені на основі наявних статистичних даних. Аналіз цього ряду дозволить оцінити, наскільки добре модель відображає змінність ризиків у часі та чи підвищилась її здатність до прогнозування порівняно з початковим варіантом.

$$h(k) = \frac{1}{w-1} \sum_{i=k-\frac{w-1}{2}}^{k+\frac{w-1}{2}} [y(i) - \bar{y}]^2,$$

де $k = 2, 3, 4, \dots, w$ - проміжок, за який використовується для розрахунку кроку умовної дисперсії [6].

Для визначення порядку авторегресійної складової побудовано АФК та ЧФКФ для ряду умовних дисперсій (рис. 5).

Рис. 5. АКФ та ЧАКФ ряду умовної дисперсії $h(k)$

На основі аналізу часткової автокореляційної функції (ЧАКФ) ряду умовних дисперсій було виявлено значимість лагів 1, 2, 3, 4 та 5. Враховуючи це, сформовано кілька моделей-кандидатів GARCH різних порядків, у складі яких було включено відповідні лагові змінні. Для кожної з побудованих моделей визначено основні статистичні характеристики, зокрема коефіцієнти детермінації, інформаційні критерії (AIC, BIC), значущість параметрів, а також поведінку залишків.

Для вибору найкращої моделі серед усіх побудованих застосовано консолідований критерій адекватності моделі [7], який ґрунтується на комплексному аналізі наведених статистичних характеристик.

$$KK = e^{1-R^2} + \frac{RSS}{N} + \left\{ \begin{array}{ll} \ln(AIC + BSC), & AIC + BSC > 0 \\ e^{AIC+BSC}, & AIC + BSC \leq 0 \end{array} \right\} + e^{2-DW} + e^U$$

Такий підхід дозволяє обрати модель, що найкраще описує гетероскедастичну структуру даних, забезпечує стабільність оцінок і високу точність прогнозування.

Результати моделювання представлено на рис.6. Побудовано декілька моделей GARCH різних порядків, наведено їх статистичні характеристики та застосовано критерій адекватності моделей для визначення оптимальної моделі, яка описує вхідний ряд спостережень.

Модель	R ²	RSS	AIC	BSC	DW	Theil	KK
GARCH(2,2)	0,899434	84981,34	9,751152	9,886434	1,98261	0,652543	856,8346023
GARCH(3,2)	0,899484	18,27539	9,771928	9,934266	2,013094	0,651557	7,174945239
GARCH(4,2)	0,90411	80827,63	9,755889	9,946515	1,8820661	0,637702	815,3749762

Рис. 6. Статистичні характеристики моделей GARCH різних порядків

При цьому, мінімальне значення критерію адекватності визначає оптимальну модель. В даному випадку оптимальною є модель GARCH(3,2).

Статистичні характеристики та коефіцієнти оптимальної моделі GARCH(3,2) представлено на рис. 7.

H=C(1)+C(2)*H(-1)+C(3)*H(-2)+C(4)*H(-3)+C(5)*Y1(-1)+C(6)*Y1(-2)				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	6.263775	3.641040	1.720326	0.0889
C(2)	1.508228	0.158141	9.537235	0.0000
C(3)	-0.638897	0.269341	-2.372075	0.0199
C(4)	0.031480	0.149964	0.209914	0.8342
C(5)	-0.021208	0.201042	-0.105490	0.9162
C(6)	-0.164744	0.193099	-0.853155	0.3959
R-squared	0.899484	Mean dependent var	47.67021	
Adjusted R-squared	0.893773	S.D. dependent var	95.32225	
S.E. of regression	31.06789	Akaike info criterion	9.771928	
Sum squared resid	84938.81	Schwarz criterion	9.934266	
Log likelihood	-453.2806	Durbin-Watson stat	2.013094	

Рис.7. Статистичні характеристики та коефіцієнти моделі GARCH(3,2)

Отже, отримано модель:

$$h(k) = 6.2338 + 1.5082 * h(k-1) - 0.6389 * h(k-2) + 0.0315 * h(k-3) - 0.0212 * y_1(t-1) - 0.1647 * y_1(t-2)$$

З аналізу статистичних характеристик побудованої моделі можна зробити висновок, що вона є адекватною для опису досліджуваного процесу. Зокрема, значення коефіцієнта детермінації $R\text{-squared} = 0.9$ свідчить про високий рівень пояснювальної здатності моделі – тобто вона добре відображає залежності, що існують у даних. Додатково, коефіцієнт Durbin–Watson, значення якого наближається до 2, вказує на відсутність істотної автокореляції залишків, що підтверджує коректність моделі з точки зору залишкового аналізу.

На основі побудованої моделі GARCH(3,2) можна здійснювати прогнозування майбутньої волатильності, зокрема, кількості підключень до онлайн-платформи. Таке прогнозування є корисним інструментом для управління ризиками в освітньому середовищі. Наприклад: передбачення періодів підвищеного навантаження дозволяє вчасно масштабувати серверні ресурси та забезпечити стабільність платформи; виявлення тенденцій до зниження активності може сигналізувати про зменшення залучення користувачів, що дає підстави для оперативного реагування – наприклад, через зміну комунікаційної стратегії або покращення функціоналу; оптимізація розподілу ресурсів, зокрема персоналу технічної підтримки або навчального контенту, відповідно до очікуваних змін у використанні платформи.

Таким чином, модель GARCH(3,2) не лише задовольняє формальні критерії адекватності, а й має практичну цінність у контексті прийняття обґрунтованих управлінських рішень в освітньому процесі.

Використання моделей гетероскедастичності для аналізу ризиків у сучасному освітньому процесі є важливим і перспективним напрямом, що надає змогу глибше зрозуміти динаміку та мінливість ключових показників. Такі моделі дозволяють ідентифікувати та кількісно оцінювати потенційні ризики, що, у свою чергу, сприяє ухваленню обґрунтованих рішень у сферах планування, управління та розподілу ресурсів в освіті.

Ефективність застосування моделей гетероскедастичності значною мірою залежить від якості вхідних даних, правильного вибору параметрів і структури моделі, а також її відповідності специфіці досліджуваного процесу. Проте за умови дотримання цих вимог такі моделі можуть стати потужним інструментом для підвищення стійкості, гнучкості та ефективності управління в освітній системі, особливо в умовах невизначеності та змін.

Висновки

Доцільність застосування моделей гетероскедастичних процесів для аналізу освітніх ризиків було обґрунтовано на основі практичного дослідження. Зокрема, проведено аналіз часового ряду щотижневої кількості підключень до онлайн-платформи до та під час війни. У результаті виявлено ознаки гетероскедастичності, що свідчить про змінну дисперсію у даних та нестабільність освітніх процесів у кризових умовах.

Для моделювання динаміки цього ряду побудовано оптимальну модель GARCH(3,2), яка продемонструвала високу адекватність і пояснювальну здатність. На основі цієї моделі виявлено характерні закономірності змін волатильності, які можуть бути використані для формування кількісних індикаторів ризику.

Розробка таких індикаторів дасть змогу оперативно виявляти тенденції до зростання або зниження ризиків, пов'язаних із нестабільністю організації освітнього процесу. Отримані результати дослідження сприятимуть глибшому розумінню механізмів виникнення освітніх ризиків, що є основою для розробки ефективних систем їх моніторингу та управління в освітній сфері.

Література

1. Науменко Н. Дефінітивна характеристики освітніх викликів, ризиків, небезпек і загроз в умовах сьогодення. *Педагогічні науки*. 2024. № 6. С.60-67. DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2024-106-8>
2. Журан О.А., Фонар Л.С., Коновалов О.С., Панін В.О. Аналіз ризиків ІТ проєкту вебресурсу для комунікації освітніх закладів. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2023. № 6. С. 37 – 45. URL: <file:///C:/Users/TI/Downloads/4.pdf>
3. Ручкіна М. Н. Зміни в управлінні закладом освіти: чинники та ризики. *Науковий Вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету*. 2023. Вип. 1 (142). С.7-10. URL: https://drive.google.com/file/d/1GV5TFJD_Ve4Wl_NkWFj1ohoZtHms9bIL/view
4. Новгородська Ю. Г. Освітні ризики в інноваційній діяльності та управління ними. *Психолого-педагогічні науки*. 2024. - № 2 С. 142 -152. DOI 10.31654/2663-4902-2024-PP-2-142-153
5. Enders W. *Applied Econometrics Time Series* : 3nd ed. / W. Enders. – Jon Wiley and Sons, Inc., – 2010. – P. 213. URL: https://new.mmf.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/enders_applied_econometric_time_series.pdf
6. Бідюк П.І., Демківський Є.О., Демківська Т.І. Методика побудови моделей гетероскедастичних процесів *Вісник КНУТД*. 2020. №1. С.21 – 26. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/15446/1/V142_P019-026.pdf
URL: https://new.mmf.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/enders_applied_econometric_time_series.pdf

7. Демківський О.Б. Статистична обробка результатів вимірювань та експериментальних даних в текстильній промисловості / О.Б. Демківський, С.М. Кравсницький, Ю.М. Пимлипенко, А.М. Слізков // Навчальний посібник. – Київ. - КНУТД,. - 2012. – 105 с. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/6123/1/20120424_Demkivskiy.pdf

References

1. Naumenko, N. (2024) *Definityvna kharakterystyky osvitynih vyklykiv, ryzykiv, nebezpek i zagroz v umovakh sjoghodennja* [Definitive characterization of educational challenges, risks, dangers and threats in today's conditions]. // *Pedahohichni nauky*, 106, 60-67. [In Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2024-106-8>
2. Zhuran, O.A., Fonar, L.S, Konovalov, O.S., Panin, V.O. (2023). *Analiz ryzykiv IT projektu vebresursu dlja komunikacii osvitynih zakladiv*. [Risk analysis of an IT project for a web resource for communication of educational institutions]. *Prykladni pytannia matematychnoho modeliuвання*. V6. 37 – 45. [In Ukrainian]. URL: <file:///C:/Users/TI/Downloads/4.pdf>
3. Ruchkina, M.N. (2023). *Zminy v upravlinni zakladom osvity: chynnyky ta ryzyky* [Changes in the management of an educational institution: factors and risks]. *Naukovyi Visnyk Pivdennoукраїнського національного педагогічного університету*. V. 1(142). 7-10. [In Ukrainian]. URL: https://drive.google.com/file/d/1GV5TFJD_Ve4W1_NkWFj1ohoZtHms9bL/view
4. Novhorodska, Yu. H. (2024). *Osvitni ryzyky v innovatsiinii diialnosti ta upravlinnia nymy*. [Educational risks in innovation activities and their management]. *Psykhologo-pedahohichni nauky*.- N 2. 142 -152. [In Ukrainian]. DOI 10.31654/2663-4902-2024-RR-2-142-153
5. Enders W, (2010), *Applied Econometrics Time Series* 3rd ed. / W. Enders. – Jon Wiley and Sons, Inc., 517 [in English]. URL: https://new.mmflnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/enders_applied_econometric_time_series.pdf
6. Bidiuk, P.I., Demkivskiy, Ye.O., Demkivska, T.I. (2020). *Metodyka pobudovy modelei heteroskedastychnykh poosiesiv* [Methodology for building heteroscedastic process models] *KNTD* № 1. 21 – 26. [In Ukrainian]. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/15446/1/V142_P019-026.pdf
7. Demkivskiy, O.B., Krasnytskyi, S.M., Pylypenko, Yu.M., Slizkov A.M., (2012)– *Statystychna obrobka rezul'tativ vymiryuvan ta eksperymentalnykh danykh v tekstylnii promyslovosti* [Statistical processing of measurement results and experimental data in the textile industry] Kyiv.: KNTD [in Ukrainian]. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/6123/1/20120424_Demkivskiy.pdf