

УДК 371

DOI <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2023.87.3>**Я. Т. Биковський**кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики та методики навчання фізики
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

ОСВІТНІ ДОСЯГНЕННЯ УЧНІВ У ПРИРОДНИЧИХ НАУКАХ, ЧИТАННІ, МАТЕМАТИЦІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Статтю присвячено дослідженню порівняльного аналізу освітніх досягнень учнів у природничих науках, читанні та математиці. Основну увагу приділено даним таких міжнародних організацій як: Програма міжнародної оцінки досягнень учнів (з англ. – Programme for International Student Assessment) (PISA), Національна оцінка прогресу в освіті (з англ. – National Assessment of Educational Progress), Прогрес у міжнародній грамотності читання (з англ. – Progress in International Reading Literacy Study).

Розглянуто різні методики оцінки знань та освітніх досягнень у природничих науках, читанні, математиці та їх взаємозв'язків. Також розглянуті різні підходи до обчислень міждисциплінарних кореляцій, що провадилися у світі для оцінки освітніх досягнень учнів у школах. Окрема увага присвячена обрахунку кореляції, зокрема коефіцієнту кореляції Пірсона. Встановлено, що середні значення коефіцієнту кореляції Пірсона для міждисциплінарних зв'язків у природничих науках, читанні та математиці є суттєво позитивними, що узгоджується з результатами інших досліджень. Здійснена спроба нової інтерпретації та застосування альтернативних методик для оцінки освітніх досягнень учнів, а також розрахунку їх взаємозв'язку.

Порівняльний аналіз обчислення та узагальнення результатів дослідження засвідчив важливість достовірності даних і підбору методів. Зокрема, це пов'язано з численними факторами, які впливають на результати аналізу. Серед них рік тестування, демографічні різниці у вибірці (співвідношення дівчаток та хлопчиків), економічний статус держави, вплив глобальних подій тощо. Крім цього, мають різний вплив на рівні держав такі події, як війна, епідемії, зміни умов тестування (середнє значення та стандартне відхилення вибірки, перехід від паперового до електронного тестування), можливі короткострокові зміни в системі освіти, залежність від регіону держави та ін. Виявлені причини надають можливість провадження додаткових досліджень з метою локалізації їх впливу та розрахунку погрешності, які вони спричиняють.

Ключові слова: PISA, порівняльний аналіз, освітні досягнення учнів, природничі науки, читання, математика.

Постановка проблеми. Щороку зростаючі технологічні можливості, підвищують та проявляють необхідне значення освіти у сучасному суспільстві. Зокрема, зростає попит на висококваліфікованих працівників для складніших та кращих робочих місць. У зв'язку з цим важливість якості освіти є надзвичайно актуальною.

Варто відзначити, що один із аспектів покращення якості освіти полягає в аналізі освітніх систем різних держав, оскільки кожне суспільство шукає більш ефективні та успішні підходи до підготовки висококваліфікованих професіоналів і, як результат, підвищення якості освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження у сфері освіти провадяться різними вченими та інституціями. Серед них, Програма міжнародної оцінки досягнень учнів (PISA), Міжнародне моніторингове дослідження з якості природничо-математичної освіти (TIMSS), Національна оцінка прогресу в освіті (NAEP), Прогрес у міжнародній грамотності читання (PIRLS) та ін., які досліджують різні аспекти освіти [4; 25; 28].

Значна увага у наукових статтях вчених також зосереджувалася на зв'язку природничих наук та математики, кореляції досягнень учнів в цих двох галузях, а також порівняльному аналізу освітніх досягнень учнів у різних державах [3; 5].

Варто відзначити, що більшість цих робіт знаходять позитивну кореляцію щодо природничих наук та математики, але при цьому їх значення варіюються. Так, дослідження, проведене в старшій школі у 2021 р., виявило кореляційні показники від 0,57 до 0,65, що свідчить про сильний позитивний лінійний зв'язок між результатами в математиці та фізиці в учнів 12-го класу [5].

Інше дослідження, присвячене порівняльному аналізу освітніх досягнень учнів у різних державах, показало значну різницю з фізики у Фінляндії, Німеччині та Швейцарії. Зокрема, різниця у знаннях досягала 25 разів протягом того самого періоду зі зразком розміру понад 500 учнів з кожної держави [3].

Одне з досліджень показала високу кореляцію результатів Програми міжнародної оцінки досягнень учнів (PISA) і Міжнародного моніторингового

дослідження з якості природничо-математичної освіти (TIMSS). Так, за результатами їх досліджень відзначено, що: «Існує тісне зв'язність між середніми оцінками держав з обох досліджень. Коефіцієнт кореляції становить 0.923, що свідчить про те, що 85% варіації в математичній грамотності PISA може бути пояснено за допомогою результатів TIMSS, і навпаки» [8].

Мета статті. Мета даної статті полягає у виявленні та аналізі освітніх досягнень учнів у природничих науках, читанні та математиці, визначенні взаємозв'язку їх успішності у різних галузях знань та різних державах.

При цьому особливу увагу приділено збору та аналізу кореляцій між природничими науками, читанням та математикою, а також пошуку різних підходів для вивчення їх зв'язків, розробці математичних моделей.

Окремо розглянуто різні держави, вікові групи та результати попередніх наукових досліджень.

Відмінність цього дослідження від інших полягає у тому, що здійснюється огляд відповідності результатів між різними дослідженнями, які розглядали міждисциплінарні кореляції у освітніх досягненнях учнів, зокрема в різних державах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виявлення та аналіз освітніх досягнень учнів є вкрай важливим у сучасних умовах. Варто відзначити, що одним з найбільших і найвідоміших тестів визначення освітніх досягнень учнів є Програма міжнародної оцінки досягнень учнів (з англ. – Programme for International Student Assessment) (далі – PISA).

PISA була створена у 1997 р. з метою надання порівняльних даних держав щодо поліпшення освітніх політик. PISA надає дані для більш ніж 40 держав із загальною вибіркою понад 500 тис. учасників у кожному циклі оцінювання, що робить його цінним ресурсом для дослідження.

PISA є частиною Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD) як міжурядової організації промислово розвинених держав.

Зокрема, у США PISA проводиться Національним центром статистики освіти (з англ. – National Center for Education Statistics (NCES)). У тесті PISA, як вказує NCES, «основні домени дослідження чергуються між читанням, математикою та наукою у кожному циклі. PISA також включає вимірювання загальних або міжпредметних компетенцій, таких як спільне вирішення проблем. За дизайном, PISA акцентує увагу на функціональних навичках, які учні здобувають під час наближення до кінця обов'язкової школи» [10].

P. Samuels, M. Gilchrist відзначають, що основний акцент оцінювання полягає у тому, що «вимірюються здатності 15-річних учнів використовувати свої знання та навички з читання,

математики та природничих наук для вирішення реальних життєвих завдань» [23].

До 2022 р. PISA провела сім циклів тестів. Ще один цикл мав відбутися у 2022 р., але тест був відкладений на 2023 р. через Covid [23].

Слід відмітити, що з 2000 до 2012 рр. у циклах тестів PISA для оцінювання параметрів складності завдань та шкалювання завдань використовувалися модель Раша (з англ. – Rasch model) та модель часткового кредитування (з англ. – partial credit model (PCM)). Так, модель Раша – це математична модель, яка використовується для визначення ймовірності того, що окрема особа правильно відповість на певне завдання.

У PISA 2015 р. було введено новий підхід до моделювання з використанням гібридної моделі, яка поєднує модель Раша та модель часткового кредитування з двопараметричною логістичною або загальною моделлю часткового кредитування.

У результаті дані з попередніх циклів – 2000–2012 рр. – потрібно було повторно проаналізувати [15], інакше не було б можливості порівнювати результати попередніх циклів до нових.

З цієї причини PISA зробили новий аналіз даних тестів, що були проведені до 2015 р. Таким чином, це дозволило порівняти поточні вимірювання з попередніми роками. І, як було встановлено, результати тесту PISA мають зв'язок з коефіцієнтом інтелекту IQ (рис. 1).

Оцінка учнів у тесті організована таким чином, що «у першому опитуванні PISA у 2000 р. середній рівень знань серед держав Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD) було встановлено на рівні 500, а стандартне відхилення від середнього значення було встановлено на рівні 100» [9].

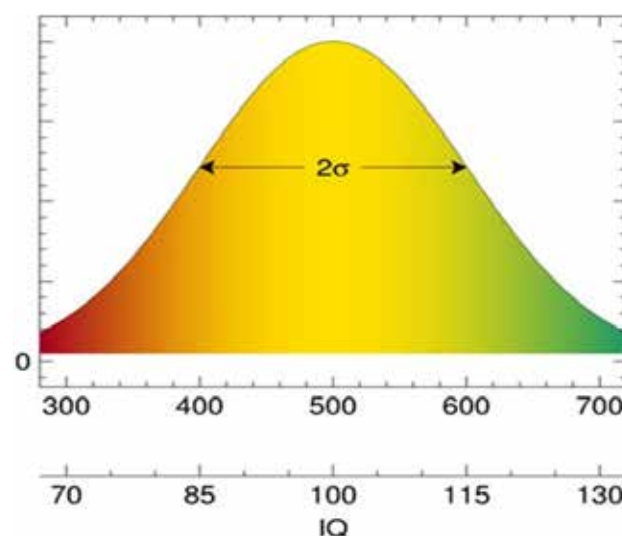


Рис. 1. Розподіл досягнень учнів у тесті PISA на шкалі оцінок разом з IQ [15]

Крім того, система дуже зручна, оскільки «кожний рівень володіння відповідає діапазону приблизно 80 балів» [17]. Тобто існує суттєва відмінність у рівні знань дитини, що має за результатами тесту 480 балів та 560.

За цими параметрами ми можемо визначити, що приблизно 68% учнів потрапляють у діапазон 400–600 балів, а 95% – у діапазон 300–700 балів. Ці дані можна використовувати для подальшої інтерпретації успішності освітніх систем у різних державах, розглядаючи результати тесту PISA.

Ще одним важливим аспектом, на який варто звернути увагу, є те, що результати, які ми бачимо в дослідженнях PISA, представляють відносні досягнення учнів у конкретній державі (або комбінації держав) порівняно з середнім балом усіх учасників, який становить приблизно 500 балів.

Незважаючи на те, що дані вимірювання PISA базуються на середньому балу серед учасників, все ж важливо дослідити зміни окремих держав у порівнянні із загальними тенденціями.

Крім того, іноді має сенс порівнювати системи освіти держав використовуючи за шкалу результати однієї з держав, а не прив'язуючись до конкретного «успішного балу» в тесті. Адже системи освіти, методологічні підходи та технічні можливості постійно розвиваються й здійснюють пошук найкращих шляхів, практик та найефективніших способів навчання учнів

Якщо ми прагнемо порівняти результати учнів у різних тестах PISA, ми повинні розглянути, чи це можливо, і які фактори можуть вплинути на порівняння.

Варто відзначити, що при порівнянні даних PISA ми повинні враховувати, що «порівняння між оцінками PISA 2018 та попередніми оцінками можливі тільки за умови, якщо дисципліна стала основним доменом в попередньому циклі тестування або в даному. У результаті, порівняння даних в математиці та науках між PISA 2000 та PISA 2018, наприклад, неможливі» [13]. Це встановлює часові межі для тестів, які можуть бути порівняні або для яких можуть бути обчислені кореляції, в чому і полягає одне із завдань статті.

Одним з важливих питань також є те, наскільки можна порівнювати різні предмети і якщо так, то за яких умов.

Зокрема, як описано у звіті PISA: «Існують певні умови, які повинні бути задоволені при використанні різних тестів.

По-перше, дані, зібрані за допомогою цих тестів, повинні бути пов'язані. Без будь-яких зв'язків дані, зібрані за допомогою двох різних тестів, не можуть бути представлені на одній шкалі. Зазвичай, тести пов'язуються шляхом того, що різні учні виконують спільні завдання або ті ж учні оцінюються за різними тестами» [12].

Ще один важливий фактор, який потрібно врахувати, зокрема те, що «у пізніших дослідженнях середнє значення для OECD вже не точно дорівнює 500, а змінюється. Наприклад, через розбіжність в поведінці при розв'язанні респондентів або зростання кількості держав-членів OECD» [14].

Встановлено, що не лише середнє значення змінюється, але й стандартне відхилення також показує незначні коливання. Наприклад, стандартне відхилення для 37 держав OECD у читанні в 2006 р. становило 95 балів, а в 2012 р. – вже 92 бали [14].

Зміна стандартного відхилення означає, що зміна оцінки на 4 бали в різні роки може представляти різну об'єктивну зміну знань. Ця ситуація впливає не лише при порівнянні балів з читання в різних роках, але й у порівнянні дисциплін. Так, серед цілей одного з розглянутих дослідження зазначалась: «Скорегувати шкалу PISA за новим підходом» [28]. Крім того, представлено значна кількість статей, які прагнуть розрахувати міждисциплінарну кореляцію [4; 6].

Варто відзначити, що PISA представила свої власні розрахунки щодо кореляцій, де K – коефіцієнт, CB – стандартне відхилення (табл. 1) [14].

Як можна бачити з таблиці, всі кореляції, розраховані PISA, є позитивними та мають сильний позитивний зв'язок. Водночас, є деякі різниці, які коливаються від найнижчого значення 0,64 в Шотландії для кореляції між тестом глобальної компетентності та математикою і до максимального значення 0,89 в Ізраїлю для кореляції між тестом на читання та наукою.

При цьому, PISA наводить дані лише 11 із поточних 38 держав OECD.

Окремо PISA представляє дані ще про 16 держав, але вони не входять до OECD. Причиною того, що PISA надає інформацію лише з представлених держав є те, що «показано лише 27 держав та економік, які проводили тест на глобальну компетентність» [14], початок якого відбувся в Гарварді 12.12.2017 р. [19].

Грунтуючись на цій інформації, можна припустити, що вони розраховують дану кореляцію як результати тесту 2018 р.

Аналіз даних щодо міждисциплінарної кореляції, які були презентовані PISA, вказує на кореляції між оцінками тестів з «розв'язання проблем» та грамотності в науках, читанні, математиці за системою освіти 2015 р. [11].

Так, більшість держав OECD представлені окремо, але кореляції наведено тільки для оцінок спільного вирішення проблем з іншими областями і не між основними дисциплінами як «науки», «математика» та «читання».

Розглянуті питання викликали актуальність та важливість аналізу кореляції між основними дисциплінами та окремими державами, такими як

Таблиця 1

Кореляція між чотирма доменами за даними PISA у державах OECD

№	Держава	Коефіцієнт кореляції між результатами в когнітивному тесті глобальної компетентності та...						Коефіцієнт кореляції між результатами в тесті на читання та...				Коефіцієнт кореляції між результатами в тесті на науку та	
		... тесті на читання		... тесті на науку		... тесті на математику		... тесті на науку		... тесті на математику		... тесті на математику	
		К	СВ	К	СВ	К	СВ	К	СВ	К	СВ	К	СВ
	Канада	0,84	(0,00)	0,78	(0,01)	0,69	(0,01)	0,84	(0,01)	0,75	(0,01)	0,76	(0,01)
	Чилі	0,85	(0,01)	0,79	(0,01)	0,73	(0,01)	0,84	(0,01)	0,78	(0,01)	0,76	(0,01)
	Колумбія	0,87	(0,01)	0,81	(0,01)	0,74	(0,01)	0,86	(0,01)	0,80	(0,01)	0,77	(0,01)
	Греція	0,86	(0,01)	0,78	(0,01)	0,73	(0,01)	0,85	(0,01)	0,77	(0,01)	0,76	(0,01)
	Ізраїль	0,88	(0,01)	0,85	(0,01)	0,81	(0,01)	0,89	(0,01)	0,83	(0,01)	0,83	(0,01)
	Корея	0,84	(0,01)	0,85	(0,01)	0,81	(0,01)	0,84	(0,01)	0,78	(0,01)	0,84	(0,01)
	Латвія	0,86	(0,01)	0,80	(0,01)	0,76	(0,01)	0,84	(0,01)	0,78	(0,01)	0,77	(0,01)
	Литва	0,88	(0,00)	0,81	(0,01)	0,76	(0,01)	0,87	(0,01)	0,83	(0,01)	0,81	(0,01)
	Шотландія (Об'єднане Королівство)	0,78	(0,02)	0,68	(0,02)	0,64	(0,03)	0,80	(0,02)	0,71	(0,02)	0,68	(0,02)
	Словацька Республіка	0,82	(0,01)	0,77	(0,01)	0,72	(0,01)	0,85	(0,01)	0,80	(0,01)	0,81	(0,01)
	Іспанія	0,83	(0,01)	0,80	(0,01)	0,73	(0,01)	0,81	(0,01)	0,76	(0,01)	0,77	(0,01)

Німеччина, Польща та інші держави OECD, для яких не було представлено вимірювань.

Перш за все, зосередимо увагу на результатах вимірювання читання за даними оцінювання таких років, як: 2000 р., 2003 р., 2006 р., 2009 р., 2012 р., 2015 р. та 2018 р.

Крім того, проаналізуємо освітні досягнення учнів з математики і природничих наук. Водночас, врахуємо, що тест PISA з математики був проведений у 2000 р., тому можна використовувати дані тільки з 2003 р., а відповідно дані тесту PISA з природничих наук – лише після 2006 р.

Причина можливості використання цих даних полягає у вимозі порівнювати тести з різних дисциплін, яка була розв'язана PISA для «предметів, які стали головним доменом» [15].

Здійснюючи порівняльний аналіз, особливу увагу приділимо інструменту для оцінки кореляцій. Для цього використаємо описову статистику, що виражає ступінь зв'язку між двома змінними – «коефіцієнт кореляції».

М. Zaid відзначає, що одним з часто використовуваних коефіцієнтів кореляції є коефіцієнт кореляції Пірсона, кореляція Кендалла та Спірмена [31].

Для обчислення оберемо коефіцієнт кореляції Пірсона («r»), формули якого наведено нижче:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

де

n – розмір вибірки

x_i, y_i – індивідуальні точки вибірки з індексом «i»
 \bar{x} – середнє значення змінної; $\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i$, [0].

Використовуючи вищезазначену формулу, проведемо обчислення кореляції результатів оцінок з математики і природничих наук у Німеччині. При цьому врахуємо, що результати з математики порівнювані тільки з 2003 р., а оцінки природничих наук – з 2006 р. Відповідно, використаємо дані середніх освітніх досягнень учнів Німеччини з математики та природничих наук за кожен рік, коли проводилася оцінка, а саме 2006 р., 2009 р., 2012 р., 2015 р. та 2018 р.

Крім того, як зазначено в формулі, представимо середні результати всіх держав, що брали участь у тесті PISA у цьому році. Результати порівняльного аналізу освітніх досягнень учнів Німеччини з математики та природничих наук з іншими державами представимо у табл. 2.

Варто відзначити, щоб вирішити проблему різних середніх значень, про яку була мова раніше, ми можемо встановити середнє значення рівне нулю для всіх років і всіх тестів PISA серед даних кореляції. Цього можна досягти якщо від значення результатів держави у тесті відняти середнє значення результатів усіх держав того самого тесту, назвемо цей спосіб методом «нульового обчислення».

Зокрема, у тесті з математики в 2006 р. Німеччина отримала 503,7 балів, тоді як середнє значення по всіх державах-учасницях становило 490,4. Віднімаючи ці два значення, ми встановлюємо середнє значення, що дорівнює нулю і тепер для Німеччини буде оцінка 13,3 бали в математиці за тест 2006 р. Даний підхід не тільки усуває помилки, пов'язані з різними середніми значеннями для кожного року, але й надає чіткість у тлумаченні,

Таблиця 2

Результати порівняльного аналізу освітніх досягнень учнів з математики та природничих наук у Німеччини та інших державах-учасницях (за даними PISA)

Рік	Середній бал з математики (Німеччина)	Середній бал з математики (держави-учасниці)	Середній бал з природничих наук (Німеччина)	Середній бал з природничих наук (держави-учасниці)
2006	503,7	490,4	515,6	494,8
2009	512,7	491,7	520,4	497,7
2012	513,5	490,3	524,1	498,2
2015	505,9	487,1	509,1	490,6
2018	500,0	489,2	502,9	488,6

Таблиця 3

Результати порівняльного аналізу освітніх досягнень учнів з математики та природничих наук у Німеччини та інших державах-учасницях (за методом «нульового обчислення»)

Рік	Різниця між середніми результатами оцінювання освітніх досягнень учнів з математики у Німеччині та інших державах-учасницях	Різниця між середніми результатами оцінювання освітніх досягнень учнів з природничих наук у Німеччині та інших державах-учасницях
2006	13,4	20,8
2009	21,1	22,7
2012	23,2	25,9
2015	18,8	18,5
2018	10,8	14,3
Середнє значення	17,4	20,4

Таблиця 4

Типи кореляції Пірсона

Сила кореляції	Коефіцієнт кореляції Пірсона, r	
	Негативна	Позитивна
Слабка	-.1 to -.3	.1 to .3
Середня	-.3 to -.5	.3 to .5
Сильна	-.5 to -.1	.5 to .1

де позитивний бал означає краще, ніж середнє значення, а від'ємний бал означає більшу різницю. Отримані дані представлені у табл. 3.

Отже, отримавши усі необхідні дані, проведемо обчислення коефіцієнту кореляції Пірсона за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Так, підставивши значення з таблиць 1 та 2 у формулу, отримуємо

$$r_{xy} = \frac{(13,4 - 17,4) * (20,8 - 20,4) + (21,1 - 17,4) * (22,7 - 20,4) + (23,2 - 17,4) * (25,9 - 20,4) + (18,8 - 17,4) * (18,5 - 20,4) + (10,8 - 17,4) * (14,3 - 20,4)}{\sqrt{(13,4 - 17,4)^2 + (21,1 - 17,4)^2 + (23,2 - 17,4)^2 + (18,8 - 17,4)^2 + (10,8 - 17,4)^2} * \frac{1}{\sqrt{(20,8 - 20,4)^2 + (22,7 - 20,4)^2 + (25,9 - 20,4)^2 + (18,5 - 20,4)^2 + (14,3 - 20,4)^2}}}$$

$$r_{s-m} = 0,83$$

Встановлено, що коефіцієнт кореляції Пірсона («r») освітніх досягнень учнів з математики та природничих наук у Німеччини в тесті PISA складає $r_{s-m} = 0,83$. Оскільки, значення містять багато цифр після десяткової коми, щоб уникнути перевантаження таблиць, зазначимо їх наближене значення для r_{s-m} . Крім цього, інтерпретуємо отримані дані. Зокрема, встановлено, що коефіцієнт кореляції Пірсона відображає лінійну залежність між двома змінними зі значенням в діапазоні від -1 до 1. Таблиця 4 показує межі для сильної та слабкої кореляції [23].

Отже, застосувавши дану методику, можна визначити кореляцію між дисциплінами для кожної держави.

Висновки і пропозиції. Таким чином, порівняльний аналіз освітніх досягнень учнів між читанням, природничими науками та математикою за даними Програми міжнародної оцінки досягнень учнів (з англ. – Programme for International Student Assessment) (PISA) показав їх важливість і актуальність. Особливого значення у даних дослідженнях набуває кореляція.

Так, обраховані середні значення коефіцієнту кореляції Пірсона для міждисциплінарних зв'язків між читанням, природничими науками та матема-

тикою є суттєво позитивними, що узгоджується з результатами інших досліджень.

Особливого значення для обчислення та узагальнення результатів досліджень набуває достовірність даних і підбір методів. Це пов'язано з численними факторами, що впливають на результати аналізу, включаючи рік тестування, демографічні різниці у вибірці (співвідношення дівчаток та хлопчиків), економічний статус держави, вплив глобальних подій тощо. Крім цього, мають різний вплив на рівні держав такі події, як війна, епідемії, зміни умов тестування (середнє значення та стандартне відхилення вибірки, перехід від паперового до електронного тестування), можливі короткострокові зміни в системі освіти, залежність від регіону держави та ін.

Список використаної літератури:

- Berger K. Invitation to The Life Span. Worth Publishers, 2014. 600 p.
- Bykovskiy Y. T. Analysis of Educational Results of Ukrainian Students in Mathematics and Physics based on External Independent Assessment. *International Council on Technologies of Environmental Protection (ICTEP)*. 2019. P. 67–71.
- Geller C., Neumann K., Boone W., Fischer H. What Makes the Finish Different in Science? Assessing and Comparing Students' Science Learning in Three Countries. *International Journal of Science Education*, 2014. P. 3042–3066.
- Marchant G., Finch H. Student, school, and country: The relationship of SES and inequality to achievement. *Journal of Global Research in Education and Social Science*. 2016. № 6(4). P. 187–196.
- Chen J., Pereira J., Zhou Y., Li Xinxin, Tamur Maximus, Syaharuddin. The Correlation between Mathematics and Physics Achievement of Senior High School Students. *Tarbawi: Jurnal Ilmu Pendidikan*. 2021. Vol. 17. P. 14–26.
- Pulkkinen J., Rautopuro J. The correspondence between PISA performance and school achievement in Finland. *International Journal of Educational Research*. 2022. Vol. 114. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883035522000787>
- Jonna Pulkkinen, Juhani Rautopuro. The correspondence between PISA performance and school achievement in Finland. *International Journal of Educational Research*, 2022. Volume 114. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.102000>
- Klieme E. TIMSS 2015 and PISA 2015 How are they related on the country level? *DIPF Working Paper published online*. 2016. URL: https://pisa.dipf.de/de/pdf-ordner/Klieme_TIMSS2015andPISA2015.pdf
- Reiss K., Weis M., Klieme E., Köller O. *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich*. Münster – New York : Waxmann, 2019.
- NCES. *Official web-site of The National Center for Education Statistics*. 2023. URL: <https://nces.ed.gov/surveys/pisa/>
- NCES. Collaborative Problem Solving: Correlations. Table CPS10. Correlation between PISA collaborative problem solving scores and PISA science, reading, and mathematics literacy scores, by education system: 2015. URL: https://nces.ed.gov/surveys/pisa/pisa2015/pisa2015highlights_12g.asp
- OECD. *PISA Data Analysis Manual: SPSS, Second Edition*. PISA, OECD Publishing, Paris, 2009.
- OECD. *PISA 2015 Technical Report*. 2015. URL: <https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2015-Technical-Report-Chapter-9-Scaling-PISA-Data.pdf>
- OECD. PISA 2018 Results (Volume VI): Are Students Ready to Thrive in an Interconnected World? Table VI.B1.6.3 Correlation between the four domains. 2018. URL: <https://doi.org/10.1787/888934171229>
- OECD. PISA 2018 Technical Report. *Table I.A7.1. Link errors for comparisons between PISA 2018 and previous assessments*. Paris : OECD Publishing, 2018. URL: <https://doi.org/10.1787/888934028957>
- OECD. PISA 2018 Results – Volume I. Paris : OECD Publishing, 2019. URL: <https://doi.org/10.1787/888934029090>
- OECD. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. Paris : OECD, 2019. URL: <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. *OECD iLibrary*. 2023. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/609870a0-en/index.html?itemId=/content/component/609870a0-en#:~:text=Some%20600%20000%20students%20completed,79%20participating%20countries%20and%20economies>.
- OECD. *PISA 2018 Global Competence*. URL: <https://www.oecd.org/pisa/innovation/global-competence/#:~:text=The%20launch%20took%20place%20in,Harvard%20Graduate%20School%20of%20Education>.
- OECD. PISA 2018 Results (Volume I) : What Students Know and Can Do. *Table I.A5.1. Differences between paper- and computer-based assessments of reading*, Annex A5. *How comparable are the PISA 2018 computer- and paper-based tests?* URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/8f293551-en/index.html?itemId=/content/component/8f293551-en>
- OECD. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. *Annex A7*.

- Comparing reading, mathematics and science performance across PISA cycles.* URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/eb6c0071-en/index.html?itemId=/content/component/eb6c0071-en&mimeType=text/html#>
22. *Official website of Programme for International Student Assessment.* URL: <https://www.oecd.org/pisa/contacts/PISA-participation-25082022.xlsx>
23. Samuels P., Gilchrist M. *Pearson Correlation.* 2014. URL: https://www.researchgate.net/publication/274635640_Pearson_Correlation
24. PISA. *Official web-site of Programme for International Student Assessment.* URL: <https://www.oecd.org/pisa/>
25. Svein S. PISA testing a global educational race? *Europhysics News.* 2017. № 48/4. P. 17–20.
26. Baryakhtar V. G., Bykovskiy Y. T. STEM in Natural Science Education in After-School Education. *2019 International Council on Technologies of Environmental Protection (ICTEP).* 2019. P. 30–33.
27. Nyakyi V., Mwenda A. A Correlation Study of Mathematics and Science Subjects. *Applied and Computational Mathematics.* 2022. Vol. 11(No. 3). P. 69–73.
28. Weiss V. National IQ Means Transformed from Programme for International Student Assessment (PISA) Scores, and their Underlying Gene Frequencies. *The Journal of social, political, and economic studies.* 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/46445536_National_IQ_Means_Transformed_from_Programme_for_International_Student_Assessment_PISA_Scores_and_their_Underlying_Gene_Frequencies
29. Wikipedia. *Methodik der PISA-Studien.* URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Methodik_der_PISA-Studien#:~:text=Die%20Leistungsskala%20der%20PISA%2DStudien,langem%20in%20IQ%2DTests%20%C3%BCblich
30. Wolmarans N., Smit R., Collier-Reed B., Leather H. Addressing concerns with the NSC: An analysis of first-year student performance in Mathematics and Physics. *18th Conference of the Southern African Association for Research in Mathematics.* 2010. P. 274–284.
31. Zaid M. A. *Correlation and Regression Analysis Textbook.* Ankara – Turkey: Statistical economic and social research and training centre for Islamic countries. 2015. URL: <https://sesricdiag.blob.core.windows.net/oicstatcom/TEXTBOOK-CORRELATION-AND-REGRESSION-ANALYSIS-EGYPT-EN.pdf>

Bykovskiy Ya. Students educational achievements in science, reading, and math: a comparative analysis

The article is devoted to the study of the comparative analysis of student's educational achievements in natural sciences, reading and mathematics. The main attention is paid to the data of such international organizations as: Program for International Student Assessment (PISA), National Assessment of Educational Progress, and Progress in International Reading Literacy Study.

Different methods of assessing knowledge and educational achievements in science, reading, mathematics and their interrelationships are considered. Different approaches to calculating interdisciplinary correlations that have been used worldwide to assess student's educational achievements in schools are also considered. Particular attention is paid to the calculation of correlation, in particular, the Pearson correlation coefficient. It is found that the average values of Pearson's correlation coefficient for interdisciplinary connections in science, reading and mathematics are significantly positive, which is consistent with the results of other studies. An attempt is made to reinterpret and apply alternative methods for assessing students' educational achievements and calculating their interconnections.

A comparative analysis of the calculation and generalization of the study results has shown the importance of data reliability and method selection. In particular, this is due to numerous factors that affect the results of the analysis. These include the year of testing, demographic differences in the sample (ratio of girls to boys), economic status of the state, the impact of global events, etc. In addition, events such as war, epidemics, changes in testing conditions (mean and standard deviation of the sample, transition from paper to electronic testing), possible short-term changes in the education system, dependence on the region of the country, etc. have different impacts at the state level. The identified reasons make it possible to conduct additional research to localize their impact and calculate the errors they cause.

Key words: PISA, comparative analysis, educational achievements of students, natural sciences, reading, mathematics.