

УДК 37.02:[512+514]

DOI 10.31654/2663-4902-2025-PP-1-74-95

Євтушенко А. І.

кандидат фізико-математичних наук, вчитель
Ніжинського обласного педагогічного ліцею Чернігівської обласної ради
ealyona@ukr.net
orcid.org/0000-0001-9192-9701

Тарасенко О. В.

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій,
фізико-математичних та економічних наук
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
tarasenko.ov@ndu.edu.ua
orcid.org/0000-0003-0799-5410

**ЗАСТОСУВАННЯ CASE-STUDY НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ
ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

Зменшення кількості годин, відведених на вивчення математики, та зосередження уваги на формуванні практичних навичок, а не лише на засвоєнні теоретичних знань, актуалізує потребу в пошуку дієвих освітніх методик. У зв'язку з цим, метою даного дослідження стала оцінка впливу методу кейсів на результативність навчання математики та розвиток критичного мислення серед учнів. Для досягнення поставленої мети було застосовано комплексний підхід, що включав порівняльний аналіз успішності з математики між контрольною та експериментальною групами до та після впровадження методу кейсів. Крім того, було проведено тестування учнів з метою визначення впливу методу кейсів на рівень їхнього критичного мислення. Аналіз анкетування педагогів дозволив виявити ключові переваги та недоліки використання досліджуваного методу в процесі викладання алгебри, початків аналізу та геометрії в старших класах закладів освіти. Застосування дисперсійного аналізу дало змогу встановити статистично значущий вплив методу кейсів як на академічну успішність учнів з математики, так і на рівень їхнього критичного мислення. Результати дослідження показали, що впровадження методу кейсів сприяло підвищенню середнього бала успішності учнів з математики приблизно на один бал. Також було зафіксовано суттєве зростання рівня критичного мислення серед учнів експериментальної групи. У ході дослідження було ідентифіковано ряд переваг та недоліків, пов'язаних із застосуванням методу кейсів у освітньому процесі. Зокрема, було підтверджено, що використання цього методу позитивно впливає на розвиток критичного мислення учнів, стимулюючи їхні здібності до інтерпретації, аналізу, формування висновків, оцінювання, пояснення та самостійного регулювання власної навчальної діяльності. Результати цієї роботи можуть стати в пригоді педагогам та науковцям, які займаються пошуком та впровадженням ефективних методик навчання. Водночас, необхідні подальші дослідження для вивчення можливостей застосування методу кейсів у навчанні математики в початковій та середній школі.

Ключові слова: критичне мислення, метод навчання, методика математики, реальна ситуація, інноваційні методи, традиційні методи.

Вступ. Математика є важливою складовою загальної освіти [13]. Проте як показують дослідження [1] у багатьох учнів виникають проблеми при усвідомленні численних математичних понять, необхідних для подальшого навчання і які відіграють важливу роль у розвитку математичного мислення та виробленні навичок вирішення проблем, що можуть виникати в реальному житті [22]. В Україні математика є обов'язковою дисципліною при складанні ЗНО чи НМТ (Наказ МОН України № 222 від 22.02.2024 року «Про організацію та проведення у 2024 році національного

мультипредметного тесту»). У той же час згідно з діючою навчальною програмою 10-х та 11-х класів на вивчення математики (рівень стандарт) всього на рік відводиться 54 години на алгебру та початки аналізу та 51 годину на геометрію. Для порівняння за профільним та поглибленим рівнями 210 та 105 годин відповідно [26]. Тому перед учителями стоїть складне завдання: досягнення навчальної мети за малої кількості навчального часу. Одним зі шляхів його вирішення є підбір ефективних методів навчання, які готуватимуть учнів до динамічності, спонукатимуть розвитку мобільності та самостійного розв'язування реальних проблем спираючись на власний досвід [28].

Активні методи навчання, які передбачають співпрацю учнів та залучення їх до навчальної діяльності на уроці і вдома, до відкриття невідомого, останнім часом широко використовуються педагогами різних країн [3, 24], а також на різних етапах навчання, починаючи з дитячих садочків [16]. Вони мають значний вплив на зростання внутрішньої мотивації учнів та підвищення їх інтересу до навчання [7]. У науковій літературі вже описані результати інтеграції інтерактивних методів навчання при вивченні математики. Проте, мало з'ясованим лишається питання ефективності використання методу кейсів на уроках алгебри та початків аналізу й геометрії в десятих та 11 класах закладів загальної середньої освіти.

Тому метою даної роботи було дослідити вплив методу case-study на результати вивчення математики у десятих та одинадцятих класах закладів загальної середньої освіти.

Для досягнення мети необхідно було розв'язати такі завдання:

- 1) Розробити кейси з алгебри та початків аналізу, а також з геометрії для учнів 10 та 11 класів, що навчаються у закладах загальної середньої освіти.
- 2) Здійснити їх запровадження у шкільному курсі математики.
- 3) Визначити їх вплив на успішність учнів з навчального предмету.
- 4) Оцінити як метод кейсів вплинув на розвиток критичного мислення здобувачів освіти.

5) З'ясувати переваги та недоліки застосування методу кейсів на уроках математики у закладах загальної середньої освіти.

Огляд літератури. Роль інтерактивних методів навчання у підвищенні якості освіти цікавить багатьох науковців. Так, авторами [23] наведено порівняльну характеристику традиційних та інтерактивних методів навчання. Процес переходу від традиційних методів навчання до інноваційних відбувається значно повільніше при вивченні математики, оскільки з метою економії часу учителі помилково обирають пасивні для учнів методи, беручи на себе роль транслятора змісту підручників. Ще однією причиною вибору традиційних форм навчання є недосконале вміння учителів використовувати інші методи навчання.

Під час вивчення математики в учнів мають сформуватися розуміння кожного математичного поняття, для цього не достатньо їх просто повідомити вчителем під час лекції, необхідно застосувати такі методи, які б дозволили розвивати учням розумові структури, конструювати нові для них математичні знання [13]. Вибираючи методи навчання, учитель має враховувати те, що акценти на учителя, учня, оточення, навчальну програму мають бути рівними [22]. Крім того, учні мають бути не просто слухачами, а здобувачами освіти [24, 25]. Багатьма науковцями [3, 7] доведено, що активні методи навчання, наприклад, перевернутий клас [2], гейміфікація [14], цифрові комікси [4], проблемне навчання [1, 18], дослідницький метод, коли учні самостійно намагаються вирішити поставлене завдання, опираючись на власний досвід і доповнюючи наявні знання новими [13, 19], або ж інтеграція цифрових технологій [21], мобільних додатків [8] та штучного інтелекту [12] є досить ефективними.

Ще одним ефективним активним методом навчання є case-study. Цей метод бере початок з кінця XIX століття. Він спочатку використовувався в юридичній освіті в Гарварді [17], а пізніше набув популярності під час підготовки фахівців інших галузей [20], наприклад, медицини [10, 27]. Науковцями [27, 29] проведено аналіз суті методу кейсів, розглянуто різні типи кейсів, їх структуру та алгоритм роботи над ними, переваги та особливості використання кейс-методів під час навчання. У роботі [23] наведено детальний алгоритм роботи над кейсами.

Ключовою рушійною силою цього методу є те, що реальна ситуація мотивує учнів до винаходу нових понять [1]. Цей шлях включає пошук інформації, її аналіз, генерацію власних ідей та накопичення учнями власного досвіду. Розвиває критичне мислення учнів, що є важливим в період глобалізації [19]. Переваги методу: учні відчують менший тиск у класі [7], беруть на себе відповідальність за результати навчання, здобувачі освіти займаються математикою з поведінкових, емоційних і когнітивних перспектив [2]. Цей метод сприяє розвитку таких навичок критичного мислення, як аналіз, інтерпретація, оцінка, пояснення, висновок, саморегулювання [19]. Він формує в учнів уміння розв'язувати реальні життєві ситуації [29], заохочує до вирішення проблем, співпраці, залучення та соціальної взаємодії.

Методи дослідження

Процедура дослідження. У даній роботі авторами було розроблено кейси на основі завдань з математики, які створені для проведення глобального дослідження PISA, тобто Програми міжнародного оцінювання 15-ти річних учнів, що проводиться Організацією економічного співробітництва та розвитку. Кейс метод запроваджено в шести десятих та одинадцятих класах шкіл України. Педагогічний експеримент проводився протягом одного 2023-2024 навчального року. Потім було здійснено оцінку впливу використаних методів на результати вивчення математики.

Вибірка. До вибірки увійшли 296 учнів 10-х та 11-х класів, що навчалися в двох школах України. По два 10-ті та 11-ті класи школи * (по одному класу з кожного потоку в експериментальній та контрольній групах) та по два 10-ті та 11-ті класи школи ** увійшли в експериментальну групу і по одному 10-му та 11-му класу школи ** увійшли до контрольної групи. Всього 116 учнів склали контрольну групу, з них 59 десятикласників та 57 одинадцятикласників. Решта 180 учнів увійшли до експериментальної групи (91 – десятикласник та 89 – одинадцятикласників). Середній вік учнів становив 16 років, наймолодший учасник був віком 15 років, найстарший – 18 років. Причиною вибору учнів саме такої вікової категорії було те, що кейси, які формувалися авторами даного дослідження і в подальшому використовувалися у педагогічному експерименті були виконані на основі завдань PISA, що розраховані саме на 15-ти річних учнів.

Також до вибірки увійшли 5 учителів, які працювали у даних закладах освіти. Вони мали середній педагогічний досвід 22 роки (мінімальний 15 років, максимальний 49 років), 60% вчителів вибірки мали вищу категорію, 20% – I категорію, 20% – II категорію.

В експериментальній групі було запроваджено кейс-методи навчання. Частота їх використання становила в середньому 2-3 заняття на місяць. У контрольній групі застосовувалися в основному традиційні методи навчання, і жодного разу – метод кейсів.

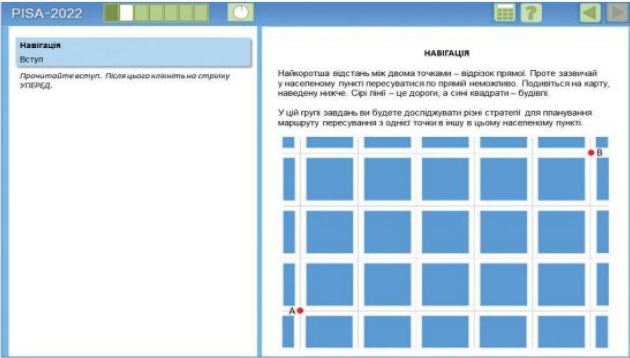
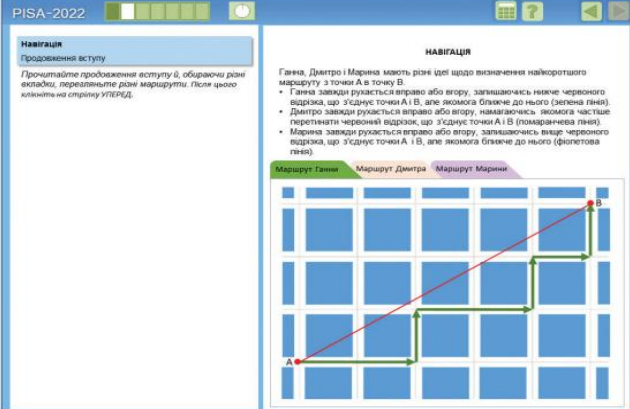
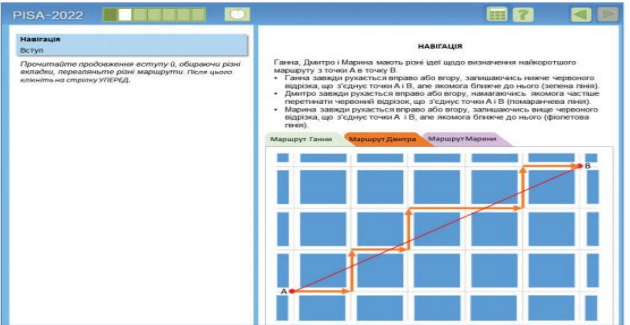
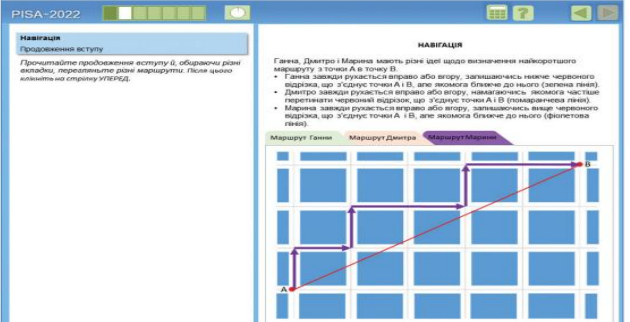
Використані методи дослідження. Одним з критеріїв оцінювання ефективності застосування кейс-методу було використано порівняння успішності учнів експериментальної та контрольної груп на початку (вересень 2023 року) та наприкінці (травень 2024 року) педагогічного експерименту. Також було проведено оцінку впливу досліджуваного методу навчання на розвиток критичного мислення. Для цього здійснювалося тестування на критичне мислення за матеріалами [6], адаптованими та перевіреними на вибірці з 198 осіб у роботі [11], коефіцієнт надійності Кронбаха Альфа дорівнював 0,87. Тест дозволяв оцінити такі шість складових критичного мислення: уміння інтерпретувати, аналізувати, робити висновки, оцінювати, пояснювати, здійснювати саморегуляцію. Для оцінки використовувалася 5-ти бальна шкала Лайкерта, де 1 – «зовсім не згоден», 5 – «повністю згоден». Крім того, проведено опитування учителів, з метою виявлення переваг та недоліків методу кейсів. Для цього було використано відкриті запитання. Далі зроблено якісно-кількісний аналіз даних, отриманих під час дослідження, та перевірено гіпотезу дослідження.

Аналіз даних. Обробку та аналіз даних реалізовано за допомогою програмного забезпечення Statistica. Для перевірки гіпотези дослідження використано дисперсійний аналіз.

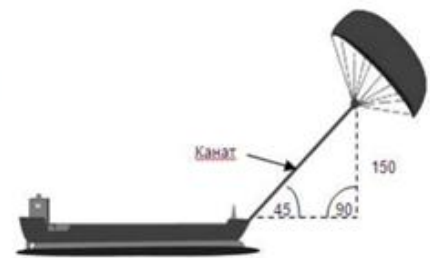
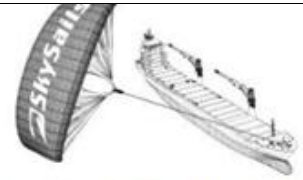
Етика дослідження. Опитування було добровільним, анонімним, безоплатним, з письмової згоди учасників дослідження. Кожен з учасників мав право припинити відповідати на запитання у будь-який момент часу, коли вважав за потрібне.

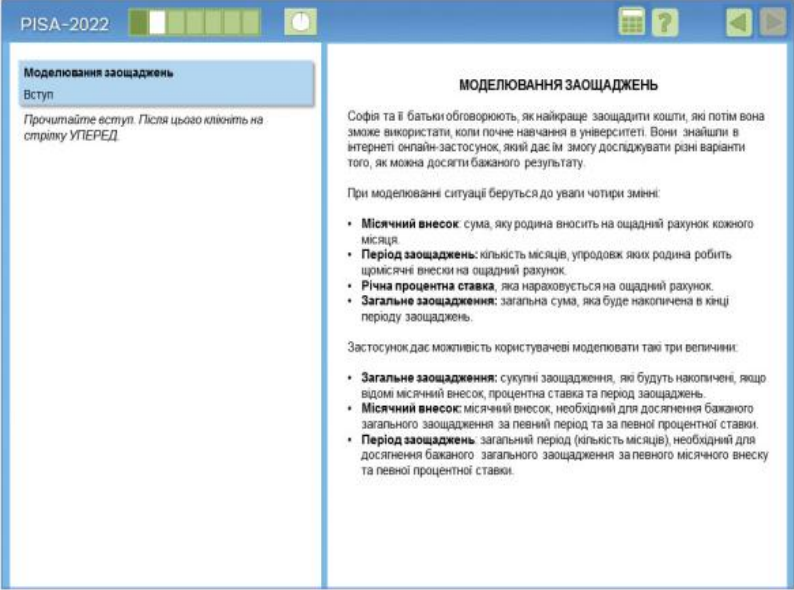
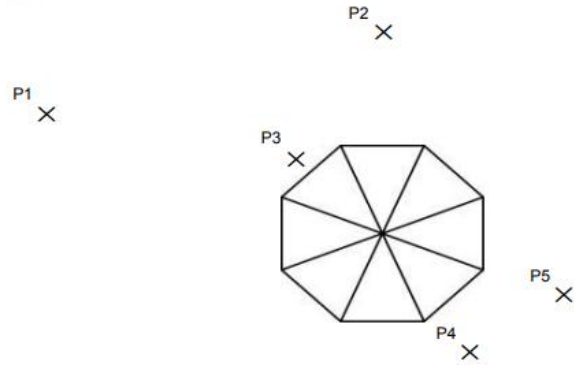
Результати. У даному дослідженні було розроблено кейси з математики, на основі завдань PISA, деякі з яких подано у табл. 1.

Складові кейсів з алгебри та початків аналізу та геометрії

Клас	Предмет	Тема	Завдання
10 клас	Геометрія	Повторення теореми Піфагора	<p>НАВІГАЦІЯ</p>  <p>НАВІГАЦІЯ</p> <p>Найкоротша відстань між двома точками – відрізок прямої. Проте зазвичай у населеному пункті пересуватися по прямій неможливо. Подивіться на карту, наведену нижче. Сірі лінії – це дороги, а сині квадрати – будівлі.</p> <p>У цій грі завдань ви будете досліджувати різні стратегії для планування маршруту пересування з однієї точки в іншу в цьому населеному пункті.</p> <p>НАВІГАЦІЯ</p> <p>Ганна, Дмитро і Марина мають різні ідеї щодо визначення найкоротшого маршруту з точки А в точку В.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ганна завжди рухається вправо або вгору, закінчуючись німецьким червоною відрізком, що з'єднує точки А і В, але якомога ближче до нього (зелена лінія). Дмитро завжди рухається вправо або вгору, намагаючись якомога частіше перетинати червоною відрізок, що з'єднує точки А і В (помаранчева лінія). Марина завжди рухається вправо або вгору, закінчуючись вгору червоною відрізком, що з'єднує точки А і В, але якомога ближче до нього (фіолетова лінія). <p>Маршрут Ганни Маршрут Дмитра Маршрут Марини</p>  <p>НАВІГАЦІЯ</p> <p>Ганна, Дмитро і Марина мають різні ідеї щодо визначення найкоротшого маршруту з точки А в точку В.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ганна завжди рухається вправо або вгору, закінчуючись німецьким червоною відрізком, що з'єднує точки А і В, але якомога ближче до нього (зелена лінія). Дмитро завжди рухається вправо або вгору, намагаючись якомога частіше перетинати червоною відрізок, що з'єднує точки А і В (помаранчева лінія). Марина завжди рухається вправо або вгору, закінчуючись вгору червоною відрізком, що з'єднує точки А і В, але якомога ближче до нього (фіолетова лінія). <p>Маршрут Ганни Маршрут Дмитра Маршрут Марини</p>  <p>НАВІГАЦІЯ</p> <p>Ганна, Дмитро і Марина мають різні ідеї щодо визначення найкоротшого маршруту з точки А в точку В.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ганна завжди рухається вправо або вгору, закінчуючись німецьким червоною відрізком, що з'єднує точки А і В, але якомога ближче до нього (зелена лінія). Дмитро завжди рухається вправо або вгору, намагаючись якомога частіше перетинати червоною відрізок, що з'єднує точки А і В (помаранчева лінія). Марина завжди рухається вправо або вгору, закінчуючись вгору червоною відрізком, що з'єднує точки А і В, але якомога ближче до нього (фіолетова лінія). <p>Маршрут Ганни Маршрут Дмитра Маршрут Марини</p> 

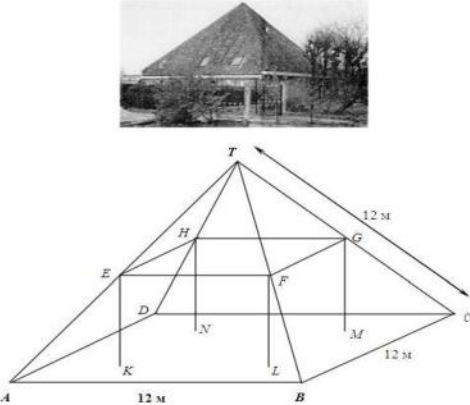
<p>10 клас</p> <p>Геометрія</p> <p>Повторення тем Трикутник, кут</p>	<p>Група завдань – ВІТРИЛЬНІ КОРАБЛІ</p> <p>Дев'яносто п'ять відсотків товарів у світі перевозять морським шляхом приблизно 50 000 танкерів, вантажних кораблів і контейнеровозів. Більшість цих кораблів використовують дизельне паливо. Інженери планують розробити підтримку кораблів, використовуючи силу вітру. Їх пропозиція полягає в прикріпленні до кораблів кайтів (вітрил) і використанні сили вітру, щоб зменшити витрату дизельного палива і його вплив на довкілля.</p> <p>Запитання 1:</p> <p>Одна з переваг використання кайта полягає в тому, що він рухається на висоті 150 м. Там швидкість вітру приблизно на 25% більша, ніж на рівні палуби корабля. З якою приблизно швидкістю дме вітер на кайт, коли швидкість вітру, що виміряна на палубі корабля, дорівнює 24 км/год?</p> <p>A 6 км/год B 18 км/год C 25 км/год D 30 км/год E 49 км/год F Немає відповіді</p> <p>Запитання 2:</p> <p>Чому приблизно має дорівнювати довжина канату кайта, щоб він тягнув корабель під кутом в 45° і знаходився на висоті 150 метрів по вертикалі, як показано на малюнку?</p> <p>A 173 м B 212 м C 285 м D 300 м E Немає відповіді</p> <p>Запитання 3:</p> <p><u>Назва корабля</u> : «Нова хвиля» <u>Тип</u>: фрахтове судно <u>Довжина</u>: 117 метрів</p> <p><u>Ширина</u>: 18 метрів <u>Вантажопідйомність</u>: 12 000 тонн <u>Максимальна швидкість</u>: 19 вузлів Витрати дизельного палива за рік без використання кайта: приблизно 3 500 000 літрів.</p> <p>Із-за високої вартості дизельного палива (0,42 грошової одиниці за літр) господарі корабля «Нова хвиля» думають про те, щоб забезпечити свій корабель кайтом. Підраховано, що аналогічний кайт дає можливість зменшити витрату дизельного палива на 20%.</p> <p>Вартість установки на «Новій хвилі» кайта складе 2 500 000 грошових одиниць. Через скільки приблизно років економія на дизельному паливі покриє вартість установки кайта? Приведіть обчислення, що підтверджують вашу відповідь.</p>
--	--



11 клас	Алгебра	Комбінаторика	<p style="text-align: center;">МОДЕЛЮВАННЯ ЗАОЩАДЖЕНЬ</p>  <p style="text-align: center;">Продовжити</p>																																				
10 клас	Геометрія	Побудова зображень фігур на площині	<p style="text-align: center;">Група завдань: ВИГЛЯД БАШТИ</p> <p>На малюнку зображено вигляд даху башти зверху. Крім того, знаком (X) показано п'ять різних позицій спостерігача, позначених P1 – P5.</p> <p>З кожною з цих позицій спостерігач може бачити декілька граней даху башти.</p>  <p>У таблиці обведіть кількість граней, які можна бачити з кожної із зазначених позицій.</p> <table border="1" data-bbox="501 1485 1158 1693"> <thead> <tr> <th>Позиція</th> <th colspan="5">Кількість граней, які можна бачити з наданої позиції</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>більш, ніж 4</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>більш, ніж 4</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>більш, ніж 4</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>більш, ніж 4</td> </tr> <tr> <td>P5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>більш, ніж 4</td> </tr> </tbody> </table>	Позиція	Кількість граней, які можна бачити з наданої позиції					P1	1	2	3	4	більш, ніж 4	P2	1	2	3	4	більш, ніж 4	P3	1	2	3	4	більш, ніж 4	P4	1	2	3	4	більш, ніж 4	P5	1	2	3	4	більш, ніж 4
Позиція	Кількість граней, які можна бачити з наданої позиції																																						
P1	1	2	3	4	більш, ніж 4																																		
P2	1	2	3	4	більш, ніж 4																																		
P3	1	2	3	4	більш, ніж 4																																		
P4	1	2	3	4	більш, ніж 4																																		
P5	1	2	3	4	більш, ніж 4																																		

10 клас	Алгебра і початки аналізу	Ірраціональні вирази	<p>Група завдань: ЗРОСТАННЯ ЛИШАЙНИКА</p> <p>Одним із наслідків глобального потепління є танення льоду деяких льодовиків. Через дванадцять років лід зникає, і крихітні рослини – лишайники – з'являються на скелях. Під час зростання лишайники утворюють кола. Співвідношення між діаметром кола і віком лишайника приблизно визначається формулою:</p> $d=7,0 \cdot \sqrt{t-12}, \text{ при } t \geq 12$ <p>де d – діаметр кола лишайника в міліметрах і t – кількість років, що минули з того часу, як лід розтанув.</p> <p>Завдання 1. Використовуючи формулу, розрахуйте діаметр лишайника через 16 років після того, як лід розтанув.</p> <p>Завдання 2. Певного року діаметр лишайника склав 42 міліметри. Скільки років тому розтанув лід у цьому місці? Наведіть розв'язання.</p>
11 клас	Геометрія	Площі фігур	<p>Група завдань: ПЛОЩА КОНТИНЕНТУ</p> <p>Нижче зображена карта Антарктиди. Зважаючи на масштаб цієї карти, визначте приблизну площу континенту.</p>  <p>The map shows the continent of Antarctica with the following labels: "АНТАРКТИДА" (Antarctica), "Південний полюс" (South Pole), and "Гора Мензіс" (Mount Menzies). A scale bar at the bottom indicates distances in kilometers, ranging from 0 to 1000 km with major markings every 200 km.</p>

10 клас	Алгебра і початки аналізу	Графік функції	<p style="text-align: center;">Група завдань: ШВИДКІСТЬ ГОНОЧНОЇ МАШИНИ</p> <p>На графіку показано, як змінювалася швидкість гоночної машини, коли вона проходила другий круг по трикілометровій кільцевій трасі без підйомів та спусків.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Запитання 1: Чому приблизно дорівнює відстань від лінії старту до початку щонайдовшої прямолинійної ділянки траси?</p> <p>Запитання 2: У якому місці траси швидкість машини була найменшою при проходженні другого круга?</p> <p>Запитання 3: Що можна сказати про швидкість машини при проходженні траси між відмітками 2,6 км і 2,8 км?</p> <p>Запитання 4: Нижче зображені п'ять різних за формою трас перегонів</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>S — лінія старту</p> <p>Запитання 5: Якою з цих трас їхала гоночна машина?</p>
---------	---------------------------	----------------	--

11 клас	Геометрія	Піраміда	<p style="text-align: center;">Група завдань: ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК</p> <p>На фотографії можна побачити житловий будинок, дах якого має форму піраміди. Нижче зображена математична модель даху будинку і вказані довжини деяких відрізків.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>На цій моделі підлога горища будинку – квадрат ABCD. Балки, на які спирається дах, є сторонами бетонного блоку, що має форму прямокутного паралелепіпеда EFGHKL MN. E – середина ребра AT, F – середина BT, G – середина CT, H – середина DT. Усі ребра піраміди дорівнюють 12 м.</p> <p>Запитання 1 Обчисліть площу підлоги горища – квадрата ABCD.</p> <p>Запитання 2 Знайдіть довжину відрізка EF – горизонтальної сторони бетонного блоку.</p>
---------	-----------	----------	---

Робота над даними кейсами проводилася на різних етапах вивчення алгебри та початків аналізу, а також геометрії. Зокрема, група завдань «Житловий будинок» (табл. 1) на початку вивчення теми «Піраміда», «Швидкість гоночної машини» на початку вивчення теми «Графік функції», група завдань «Навігація», «Вітрильні кораблі» на факультативах під час підготовки до НМТ та ЗНО як повторення тем, що вивчалися учнями в 7-9 класах.

Результати впливу методу кейсів на вивчення математики було оцінено шляхом дослідження динаміки успішності з алгебри та початків аналізу й геометрії учнів експериментальної та контрольної груп (табл. 2). Також визначено та подано в табл. 2 середні величини балів успішності учнів кожної з груп вибірки за формулою:

$$\bar{x}_B = \frac{\sum x_i^* n_i}{n},$$

де n – обсяг вибірки, x_i^* – середина часткового інтервалу вибірки, тобто для високого рівня досягнень учнів $x_i^* = 11$, для достатнього $x_i^* = 8$, середнього – $x_i^* = 5$, початкового $x_i^* = 2$, n_i – частота варіанти x_i .

Встановлено розсіювання балів успішності учнів відносно \bar{x}_B тобто дисперсію, як середнє арифметичне квадратів відхилень варіант відносно \bar{x}_B за формулою:

$$D_B = \frac{\sum x_i^2 n_i}{n} - \bar{x}_B^2.$$

Здійснено підрахунок середнього квадратичного відхилення балів успішності учнів як корінь квадратний з дисперсії. Тобто

$$\sigma_B = \sqrt{D_B}.$$

Таблиця 2

**Динаміка успішності учнів з математики
протягом педагогічного експерименту**

Клас	Успішність учнів								
	Рівень	Школа *				Школа **			
		Експериментальна група		Контрольна група		Експериментальна група		Контрольна група	
		До	Після	До	Після	До	Після	До	Після
10-й	Високий	7	10	7	7	19	28	9	10
	Достатній	15	17	15	15	34	32	17	18
	Середній	8	4	6	7	7	0	4	2
	Початковий	1	0	1	0	0	0	0	0
	\bar{x}_B	7,7	8,6	7,7	8,0	8,6	9,4	8,5	8,8
	D_B	5,58	3,39	6,12	4,35	3,54	2,24	3,65	2,96
	σ_B	2,36	1,84	2,47	2,09	1,88	1,49	1,9	1,72
11-й	Високий	8	10	6	7	21	30	10	10
	Достатній	15	17	14	14	33	29	17	18
	Середній	5	2	6	6	6	1	3	2
	Початковий	1	0	1	0	0	0	0	0
	\bar{x}_B	7,8	8,8	7,8	8,1	8,8	9,5	8,7	8,8
	D_B	10,09	3,53	0,44	4,5	5,25	1,6	3,41	3
	σ_B	3,18	1,88	0,66	2,12	2,29	1,26	1,85	1,73

Як видно з табл. 2 до початку педагогічного експерименту вибірка була неоднорідною щодо успішності учнів. Так, середній бал учнів 10-их класів, що навчалися у школі * був близько 7,7, а в школі ** – 8,5. В одинадцятих класах – 7,8 та 8,8 відповідно. Після застосування на уроках алгебри та початків аналізу, а також геометрії методу кейсів, дослідження показало позитивні зміни у результатах навчання учнів обох шкіл. Середній бал учнів 10-х класів школи * зріс на 0,9 в експериментальній групі, у той час в контрольній групі на 0,2. У школі ** відповідні цифри 0,8 та 0,3. В одинадцятих класах школи * – на 1 бал, школи ** – на 0,7.

З метою оцінки впливу кейс-методу на успішність учнів з математики у даній роботі використано дисперсійний аналіз. Суть його полягає у порівнянні двох дисперсій: міжгрупової, яка виникає внаслідок впливу фактору, що розглядається (тобто методу кейсів), та внутрішньогрупової, причиною появи якої може бути вплив інших (недосліджуваних у даній роботі) факторів.

Використано формули для знаходження виправленої дисперсії S_1^2 (внутрішньогрупової):

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{N - p},$$

де $N - p$ – число ступенів вільності,

та виправленої дисперсії (міжгрупової) S_2^2 :

$$S_2^2 = \frac{\sum_{j=1}^p n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2}{p - 1},$$

де $p - 1$ – число ступенів вільності.

Отримані у даному дослідженні значення виправлених внутрішньогрупової та міжгрупової дисперсій відповідно становили: $S_1^2 = 2,49$ і $S_2^2 = 38,4$. Скориставшись розподілом Фішера-Снедекора, отримали $F^* = \frac{S_2^2}{S_1^2} = 15,42$, тоді як $F_{кр} = 13,5$, при $\alpha = 0,001$. Отже, $F^* > F_{кр}$, що вказує на позитивний вплив досліджуваного фактору, тобто методу кейсів на успішність з математики учнів експериментальної групи.

Для оцінки ролі кейс-методів у розвитку критичного мислення учнів провели їх тестування, результати якого подано на рис. 1-12.

Наведені на рис. 1-12 гістограми демонструють вплив застосування методу кейсів на уроках математики на розвиток критичного мислення. Зокрема, гістограми, наведені на рис. 1, 2, показують дію, що мало застосування досліджуваного методу на рівень розвитку навички здійснювати інтерпретацію. Ця навичка передбачає уміння учнів зрозуміти, що означає зміст завдання, вибрати найкращий спосіб, щоб охарактеризувати чи інтерпретувати його. Порівнюючи рис. 1 та 2, можна зробити висновок, що кейс-методи сприяли розвитку критичного мислення в учнів. Так, на 14 % зменшилася кількість учнів експериментальної групи, які до початку запровадження кейс-методу мали низький рівень розвитку критичного мислення. У той же час зросла кількість учнів, що мали середній та високий рівні розвитку критичного мислення на 6 та 8 % відповідно. Ці зміни відбувалися на тлі змін, які спостерігалися в контрольній групі (на 5 % зменшилась кількість учнів з низьким рівнем розвитку критичного мислення, на 2 та 3 % зросла кількість учнів з середнім та високим рівнями відповідно).

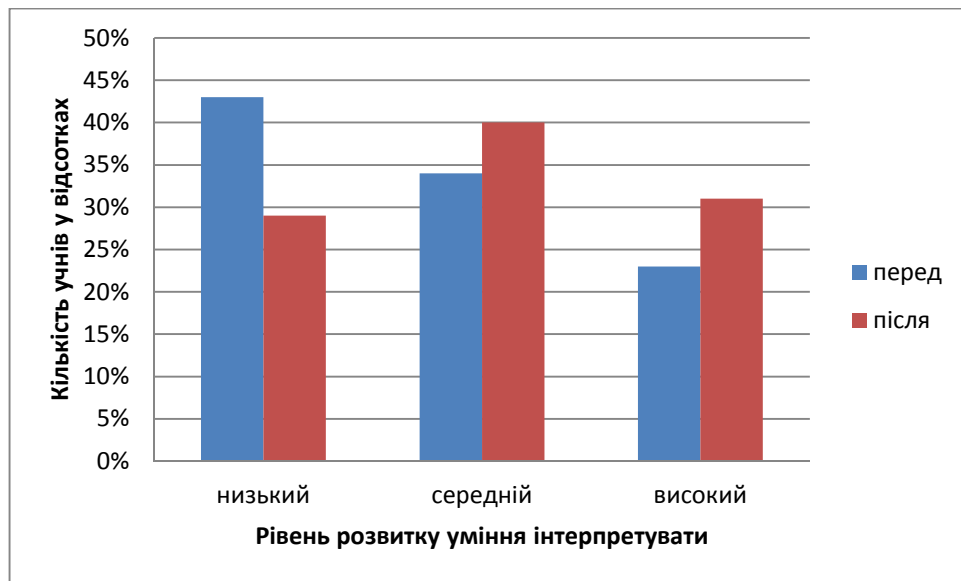


Рис. 1. Динаміка розвитку уміння учнів експериментальної групи інтерпретувати інформацію

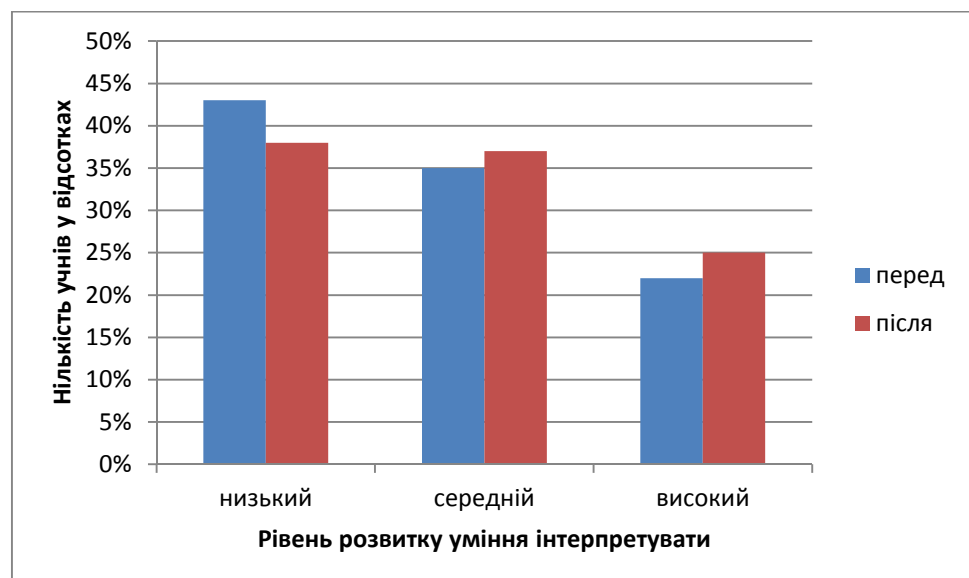


Рис. 2. Динаміка розвитку уміння учнів контрольної групи інтерпретувати інформацію

Як видно з рис. 3, 4 досліджуваний метод навчання також мав вплив на розвиток уміння учнів аналізувати, тобто визначати зв'язки між твердженнями, запитаннями та поняттями, про які йде мова в умові завдання; створювати математичні моделі; знаходити аргументи на користь власного припущення, щодо вирішення поставленої проблеми; не нехтувати аргументами, що можуть бути «проти»; уміти робити припущення на шляху до прийняття рішення. Ці уміння були низького рівня майже у половини учнів (51 %), 30 % – середнього рівня та 19 % – високого. Після експерименту показники змінилися у бік зростання рівня розвитку уміння аналізувати (на 8 % зросла кількість учнів з високим рівнем в експериментальній групі, порівняно з контрольною групою – 2 %, з середнім рівнем на 11 % в експериментальній групі, 3 % в контрольній, з низьким рівнем знизилася на 19 та 5 % відповідно).

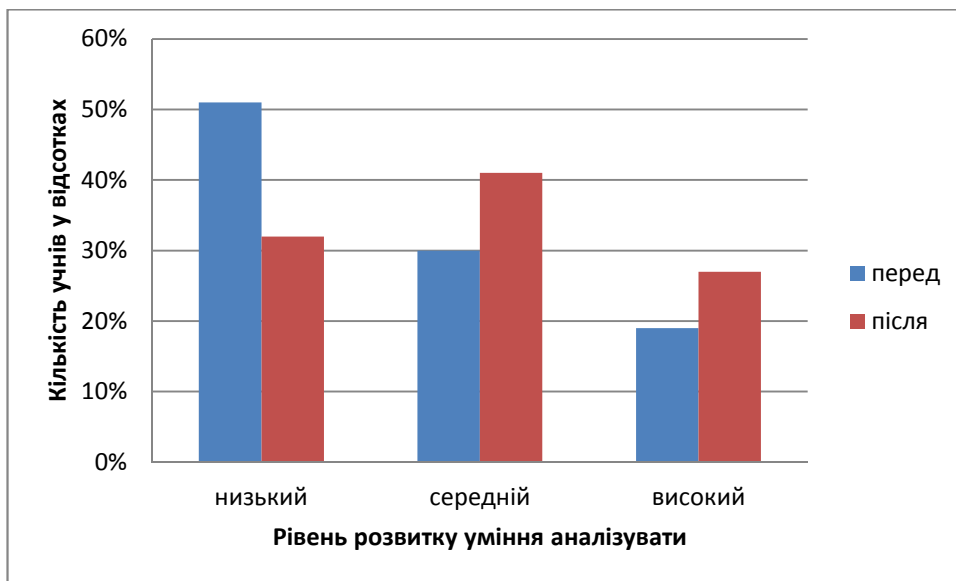


Рис. 3. Динаміка рівня розвитку уміння аналізувати (учні експериментальної групи)

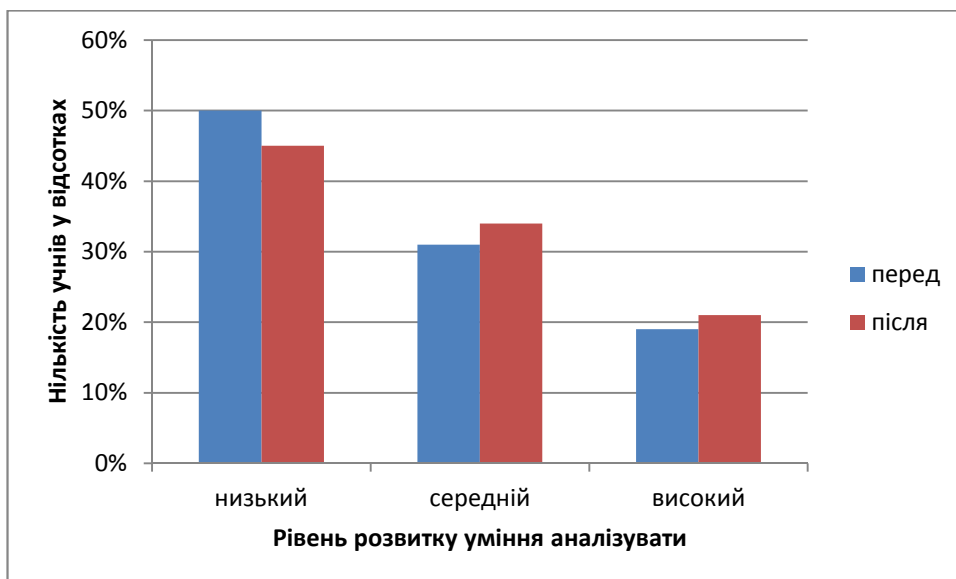


Рис. 4. Динаміка рівня розвитку уміння аналізувати (учні контрольної групи)

На рис. 5, 6 продемонстровано зміни, які спричинив педагогічний експеримент, у вмінні формулювати висновки, маючи певний досвід на момент вирішення

поставленого завдання, при цьому виключати зайве, наводити докази, передбачати бажані та небажані наслідки, а також необхідність у додатковій інформації, шукати альтернативу. Метод кейсів сприяв розвитку уміння учнів робити висновки. Як видно з рис. 5 та 6 в експериментальній групі близько 66 % учнів набули рівня середній та високий, на противагу учням контрольної групи, де майже половина учнів залишилася з низьким рівнем уміння формулювати висновки.

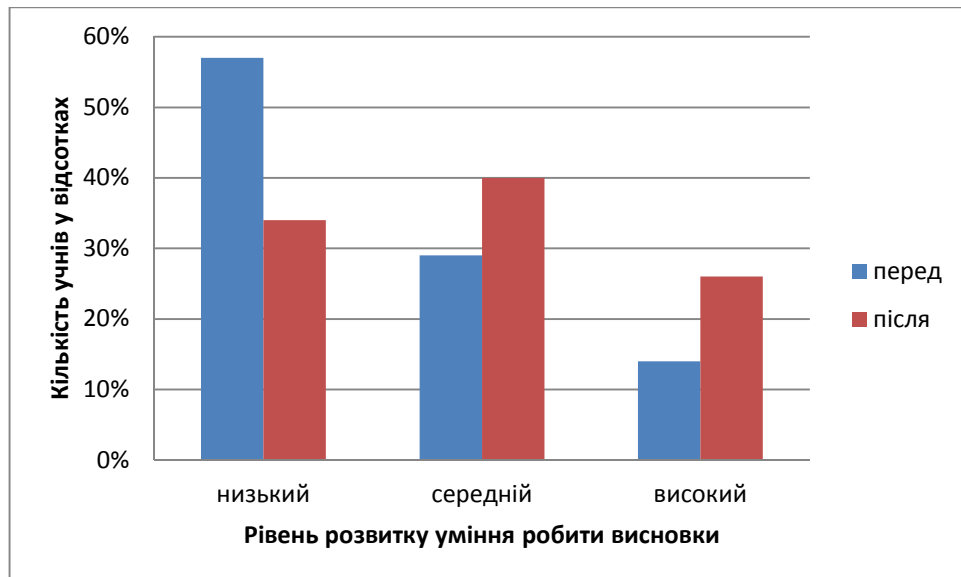


Рис. 5. Зміни рівня розвитку уміння формулювати висновки (учні експериментальної групи)

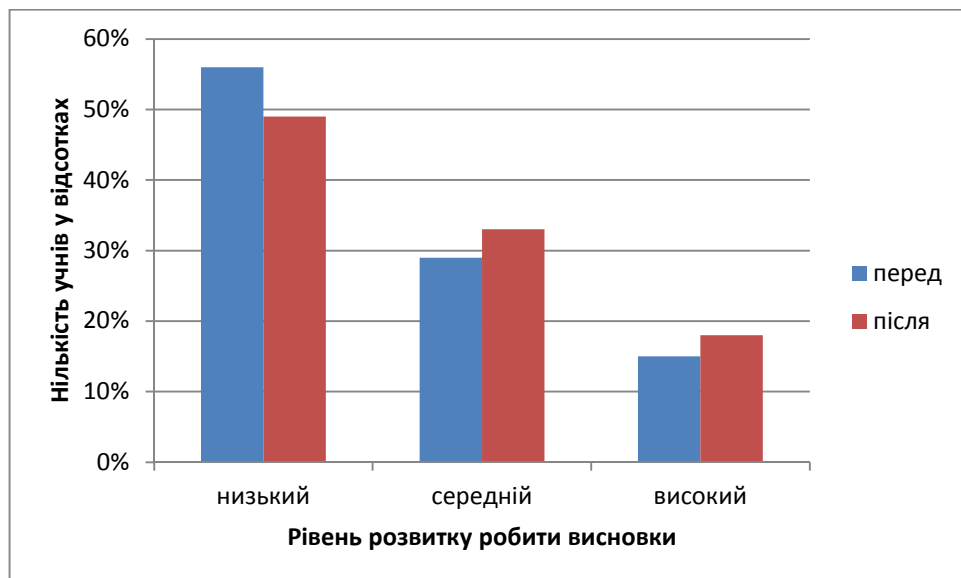


Рис. 6. Зміни рівня розвитку уміння формулювати висновки (учні контрольної групи)

На рис. 7, 8 показано зміни в умінні учнів здійснювати оцінку власних запропонованих шляхів розв'язку поставленого завдання: їх достовірність, надійність, повноту, переконливість та правильність наведених аргументів, а також власну впевненість у правильності сформульованого висновку. Досліджуваний метод навчання 11 % учнів дозволив досягти високого рівня розвитку уміння оцінювати ситуацію, на таку ж саму кількість здобувачів освіти зростає група з середнім рівнем розвитку цього уміння.

При застосуванні традиційних методів навчання високого рівня досягли ще 3 % учнів, а середнього ще 4 %.

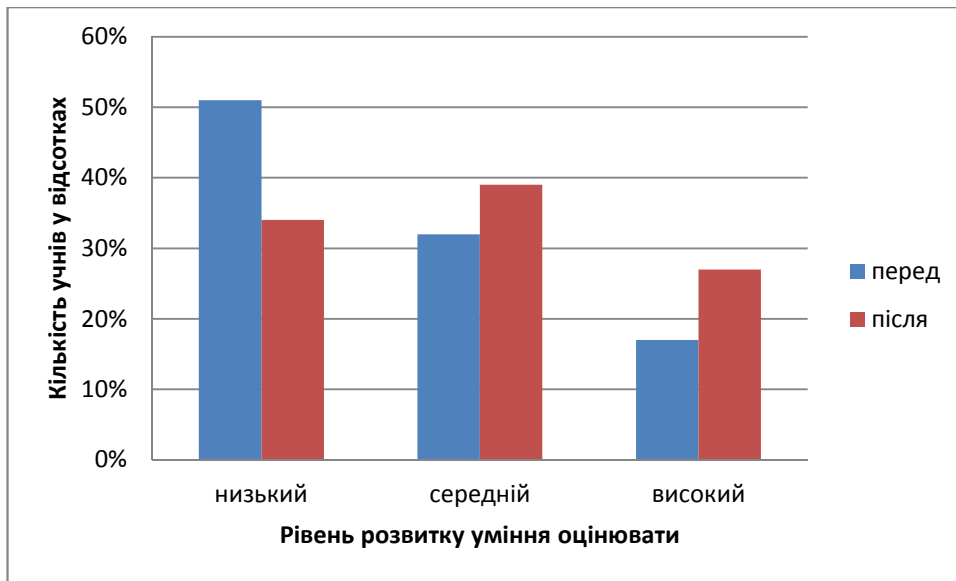


Рис. 7. Динаміка рівня розвитку уміння учнів експериментальної групи оцінювати ситуацію

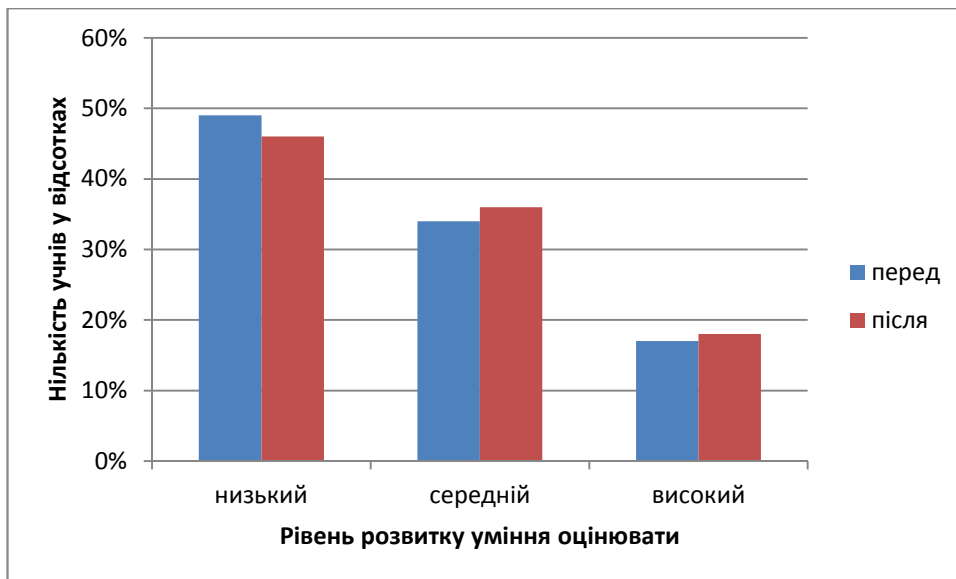


Рис. 8. Динаміка рівня розвитку уміння учнів контрольної групи оцінювати ситуацію

На рис. 9, 10 наведено зміни уміння пояснювати отримані результати під час виконання завдання, тлумачити кожен етап аналізу та розв'язування, наводити аргументи на користь зробленого висновку, пояснювати чому саме прийняте рішення є правильним. Так у розвитку цих умінь високого успіху протягом року досягли 11 %, порівняно з 1 % – контрольної групи. Кількість учнів, що мали низький рівень зменшилась на 18 % в експериментальній групі, та на 4 % в контрольній.

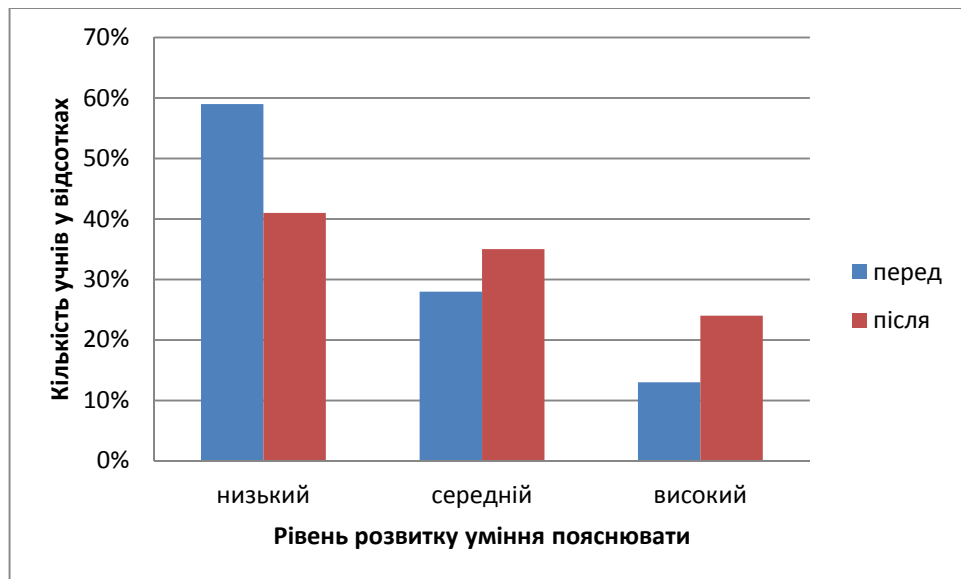


Рис. 9. Динаміка рівня розвитку уміння учнів експериментальної групи пояснювати

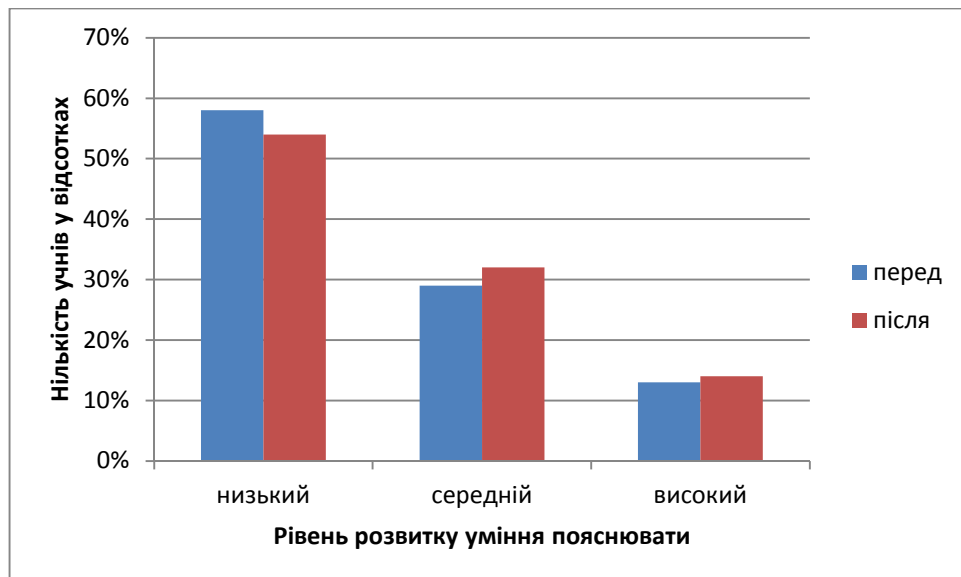


Рис. 10. Динаміка рівня розвитку уміння учнів контрольної групи пояснювати

На рис. 11, 12 продемонстровано зміни в саморегулюванні: умінні визнавати недоліки власної позиції щодо розв'язуваного питання, передбачати можливість бути точнішим; аналізувати досконалість застосованої методології вирішення проблеми та точності її дотримання; пошук можливості узгодити суперечливі висновки, оцінити досконалість наведених доказів, визначити, чого не вистає і здійснити перегляд використаних визначень та аргументів. Вагомий внесок у розвиток даного уміння здійснило застосування кейс-методів на уроках математики. Так, на 7 % зростає кількість учнів з високим рівнем саморегулювання, на 7 % – з середнім, відповідно на 14 % знизилася кількість учнів, що мали низький рівень саморегулювання.

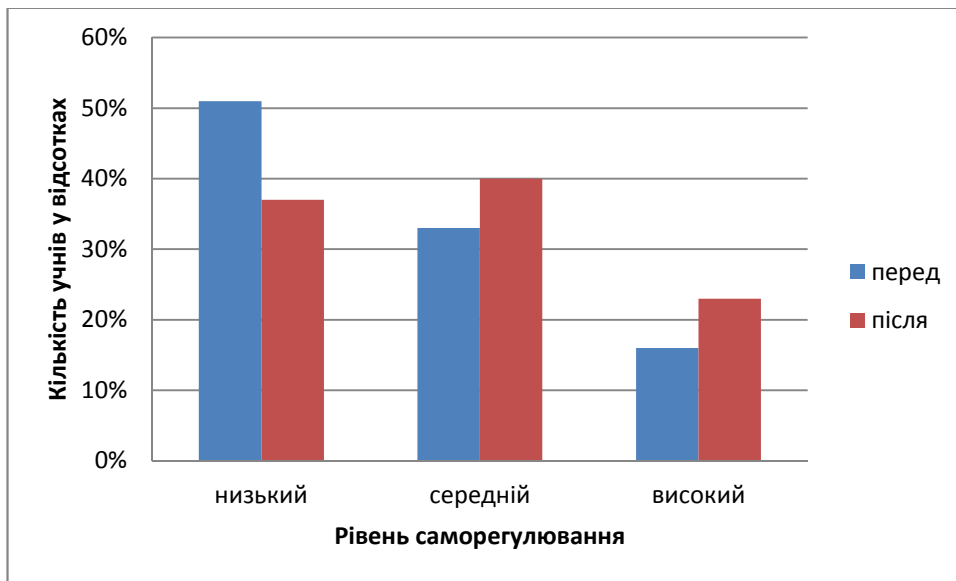


Рис. 11. Динаміка рівня розвитку уміння учнів експериментальної групи здійснювати саморегулювання

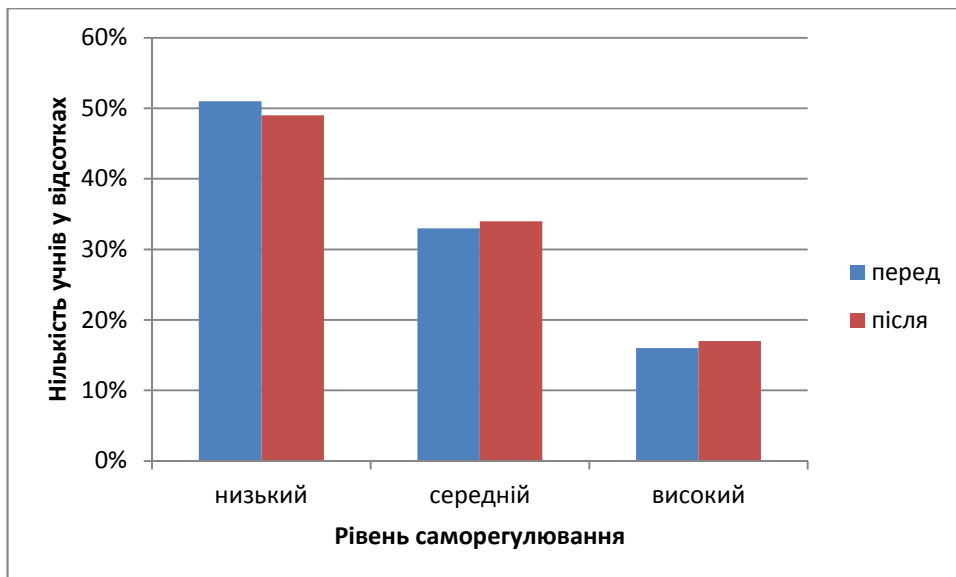


Рис. 12. Динаміка рівня розвитку уміння учнів контрольної групи здійснювати саморегулювання

Обчислене значення коефіцієнта Фішера виявилось значно більшим від критичного, що також свідчить про вагомий позитивний вплив застосування методу кейсів під час вивчення математики на розвиток критичного мислення учнів десятих та одинадцятих класів закладів загальної середньої освіти.

Опитування, проведене серед учителів математики, які працювали в експериментальних групах дозволило виявити основні переваги та недоліки методу кейсів.

Переваги:

- 1) схиляє учнів використовувати математику в повсякденному житті;
- 2) сприяє залученню учнів;
- 3) підвищує внутрішню мотивацію учнів;
- 4) підвищує інтерес учнів до вивчення математики;
- 5) допомагає при вивченні законів математики;
- 6) налагоджує розвиток комунікабельності учнів;
- 7) розвиває навички колективної роботи;

- 8) підтримує розвиток відповідальності;
- 9) вчить приймати рішення;
- 10) учні опановують ораторські здібності, навчаються наводити аргументи на користь сформульованого висновку;
- 11) учні почуваються менш тривожно на уроці, і тому активніші.

Недоліки:

- 1) низька мотивація планування уроку з використанням методу кейсів;
- 2) витрата великої кількості часу на планування та підготовку кейсів;
- 3) важко керувати учнями з різними математичними здібностями в класі;
- 4) нелегко реалізувати заплановане за одне заняття, якщо велика кількість учнів у класі;
- 5) тяжко залучити повільних учнів.

Обговорення. У науковій літературі мало висвітлено питання використання методу кейсів при вивченні математики. Як показало дане дослідження, застосування цього інтерактивного методу навчання на уроках алгебри та початків аналізу й геометрії має суттєвий вплив на результати навчання учнів. Виявлено значні зміни в середньому балі успішності учнів майже на один бал. Крім того, у даному дослідженні визначено, що метод ситуацій сприяє розвитку критичного мислення. Так середній відсоток тих, хто досяг високого рівня критичного мислення серед учнів експериментальної групи становив 27, при цьому середнього рівня в середньому досягли майже 40 %. Також, проведене опитування показало низку переваг даного методу: зростання мотивації учнів, їх активності, залучення, самостійності, комунікабельності, зменшення тривожності тощо.

Науковці [9] встановили вплив вивчення математики на рівень розвитку критичного мислення. Виявилось, що в 42 % учнів, які більше приділяли уваги вивченню математики мали високий рівень розвитку критичного мислення, на відміну від учнів, які більше зосереджені на розвитку творчих здібностей серед яких, всього 27 % мали високий рівень розвитку критичного мислення. Інші вчені [15] виявили близько 20 % учнів з високим рівнем розвитку математичного критичного мислення, 8 % з низьким рівнем.

На розвиток критичного мислення впливають не тільки кейс-методи, а й інші інтерактивні методи навчання. Наприклад, у роботах [5, 15] доведено позитивний вплив проблемного методу навчання на критичне мислення. Великий вплив на розвиток навичок критичного мислення має дослідницький метод навчання, як стверджують вчені [19].

Взагалі інтерактивні методи навчання сприяють покращенню багатьох показників. Так, у роботі [7] показано суттєвий позитивний вплив методу перевернутий клас на досягнення учнів (на 10 одиниць), зниження тривожності (на 26 одиниць), підвищення мотивації (на 12 одиниць), зростання самостійності (на 12 одиниць). На користь використання цього методу при вивченні математики також свідчать результати роботи [2]. Крім того, математичні знання можна покращити завдяки поєднанню традиційних методів навчання з цифровими, наприклад використовуючи мобільні додатки [8, 16]. Це дозволяє вирішити основні завдання навчання: здобути математичні знання, набути різних навичок та розвинути мислення [14].

Проведене у даній роботі опитування показало низку недоліків використання даного методу, з якими є можливість боротися. Наприклад, низьку мотивацію вчителів можна частково здолати, коли буде розроблено та надано доступ до достатньої кількості кейсів з різних тем з математики, що також в подальшому зменшить витрати часу вчителів на підготовку уроків. Якщо ж розглянути основні концепції методики навчання математики, які подають автори [22], то дане дослідження показало, що завдяки методу case-study можна досягти зокрема таких: активна участь, практична діяльність, мотивація учнів, соціалізація учнів, ефективність навчання, розвиток навичок, зменшення тривожності учнів тощо.

Висновки. Вивчення математики завжди викликало в учнів низку проблем. Тому актуальним є завдання знаходження результативних шляхів подолання цієї проблеми. Вдалий підбір методів навчання одне з рішень, яке дозволяє досягти навчальної мети. У даній роботі запропоновано використовувати на уроках алгебри та початків аналізу, а також геометрії в десятих та одинадцятих класах метод case-study, ефективність якого при вивченні інших дисциплін вже доведена раніше. Попри виявлену у даному дослідженні складність запровадження методу кейсів на уроках математики, було встановлено його продуктивність. Зокрема, учні змогли досягти вищого порядку на 1 бал успішності з математики завдяки цьому методу. Також використання методу кейсів мало позитивний вплив на розвиток критичного мислення, а саме на уміння інтерпретувати, аналізувати, робити висновки, оцінювати, пояснювати та здійснювати саморегуляцію. Опитування вчителів показало, що метод кейсів сприяв залученню учнів, зростанню внутрішньої мотивації та мав низку інших переваг, які спонукали підвищення активності здобувачів освіти на уроках математики.

Результати даного дослідження мають практичне значення, оскільки доводять результативність ще одного інтерактивного методу навчання, який помилково мало використовувався на уроках математики в школі. Проте ще потребують подальших досліджень особливості застосування методу кейсів на уроках математики в початковій та середній школі.

Література

1. Akhter N., Akhtar M., Abaidullah M. The Perceptions of High School Mathematics Problem Solving Teaching Methods in Mathematics Education. *Bulletin of education and research*. 2015. No 37(1), P. 55-77. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1210366>.
2. Cevikbas M., Kaiser G. Flipped classroom as a reform-oriented approach to teaching mathematics. *Zdm*. 2020. No 52(7). P. 1291–1305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01191-5>
3. Cheng H. Case study of cooperative learning in mathematics: middle school course design. *Journal of Mathematics Education*. 2023. No 4(1). P. 1–9.
4. Darmayanti R. Digital comic learning media based on character values on students' critical thinking in solving mathematical problems in terms of learning styles. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*. 2022. Volume 13, No 1. P. 49-66. DOI: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4803023>
5. Elbyaly M. Y., Elfeky A. I. The Impact of Problem-Solving Programs In Developing Critical Thinking Skills. *European Chemical Bulletin*, 2023. No 12. P. 6636-6642.
6. Facione P. A. Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*. 2011. No 1(1). P. 1–23.
7. Fuentes-Cabrera A., Parra-González M. E., López-Belmonte J., Segura-Robles A. Learning mathematics with emerging methodologies – The escape room as a case study. *Mathematics*. 2020. No 8(9). 1586. DOI: 10.3390/math8091586
8. Junior J. B. Assessment for learning with mobile apps: exploring the potential of quizzz in the educational context. *International Journal of Development Research*. 2020. No10 (01). P. 33366-33371.
9. Kania N., Fitriani C., Bonyah E. Analysis of Students' Critical Thinking Skills Based on Prior Knowledge Mathematics. *International Journal of Contemporary Studies in Education (IJ-CSE)*. 2023. No 2(1).
10. Kaur G., Rehncy J., Kahal K. S., Singh J., Sharma V., Matreja P. S., Grewal H. Case-based learning as an effective tool in teaching pharmacology to undergraduate medical students in a large group setting. *Journal of Medical Education and Curricular Development*. 2020. Vol. 7. P. 1–6.
11. Kobylarek A., Błaszczyczyński K., Ślósarz L., Madej M. Critical Thinking Questionnaire (CThQ)—construction and application of critical thinking test tool. *Andragogy Adult Education and Social Marketing*. 2022. No 2(2). P. 1–13.

12. Lee I., Perret B. Preparing high school teachers to integrate AI methods into STEM classrooms. *In Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. 2022. Vol. 36, No 11. P. 12783-12791. DOI: <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i11.21557>
13. Lessani A., Yunus A., Bakar K. Comparison of new mathematics teaching methods with traditional method. *People: International Journal of Social Sciences*. 2017. No 3(2). P. 1285–1297. DOI: <https://dx.doi.org/10.20319/pijss.2017.32.12851297>
14. Mohanty A., Alam A., Sarkar R., Chaudhury S. Design and development of digital game-based learning software for incorporation into school syllabus and curriculum transaction. *Design Engineering*. 2021. No 8. P. 4864–4900. URL: <https://www.researchgate.net/publication/355490495>
15. Palinussa A. L., Lakusa J. S., Moma L. Comparison of problem-based learning and discovery learning to improve students' mathematical critical thinking skills. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*. 2023. No 13 (1). P. 109–122. DOI: <http://dx.doi.org/10.30998/formatif.v13i1.15205>
16. Papadakis S., Kalogiannakis M., Zaranis N. Teaching mathematics with mobile devices and the Realistic Mathematical Education (RME) approach in kindergarten. *Advances in Mobile Learning Educational Research*. 2021. No 1(1). P. 5–18. DOI: <https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.01.002>
17. Patterson E. W. Case method in american legal education: Its origins and objectives. *Journal of Legal Education*. 1951. Vol. 4, No 1. P. 182–185.
18. Pehkonen E., Näveri L., Laine A. On teaching problem solving in school mathematics. *CEPS Journal*. 2013. No 3(4). P. 9–23. DOI: 10.25656/01:8498.
19. Putri A., Roza Y., Maimunah M. Development of learning tools with the discovery learning model to improve the critical thinking ability of mathematics. *Journal of Educational Sciences*. 2020. No 4(1). P. 83–92. DOI: <https://doi.org/10.31258/jes.4.1.p.83-92>
20. Thomas G. How to do your case study. 2021.
21. Viberg O., Grönlund A., Andersson A. Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. *Interactive Learning Environments*. 2023. Vol. 31. No 1. P. 232–243. DOI: 10.1080/10494820.2020.1770801
22. Ünal M. Preferences of teaching methods and techniques in Mathematics with reasons. *Universal Journal of Educational Research*. 2017. No 5(2). P. 194-202. DOI: 10.13189/ujer.2017.050204.
23. Безлюдна Н., Дудник Н. Використання кейс-стаді в процесі формування професійно-етичної компетентності майбутніх менеджерів освіти під час прийняття управлінських рішень. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*. 2022. № 2. С. 106–114. DOI: <https://doi.org/10.31499/2307-4906.2.2022.262938>
24. Касаджик В. Особливості застосування кейс-методу при підготовці здобувачів освіти до інноваційної діяльності. *Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 22 листопада 2023 р. Хмельницький: ХНУ, 2023. С. 329.*
25. Козак Л. В. Кейс-метод у підготовці майбутніх викладачів до інноваційної професійної діяльності. *Освітологічний дискурс*. 2015. № 3 (11). С. 153–162.
26. Перелік освітніх програм (10–11 класи). URL: <https://osvita.ua/school/program/-program-10-11/84933/>
27. Ситнік Т. Використання кейс-технології у контексті інноваційного навчання у закладах вищої освіти. *Молодь і ринок*. 2021. № 10(196). DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2021.248529>
28. Собченко Т., Ворожбіт-Горбатюк В., Штефан Л. Коучингові технології в освіті: теорія та практика. *Педагогічні науки*. 2021. № 78. С. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.33989/2524-2474.2021.78.249779>
29. Стинська В., Чепіль М., Прокопів Л. Кейс-метод–інновація у методиці підготовки студентів магістратури у закладі вищої освіти. *Молодь і ринок*. 2023. № 4/212. С. 16–19. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2023.279115>

References

1. Akhter, N., Akhtar, M., & Abaidullah, M. (2015). The Perceptions of High School Mathematics Problem Solving Teaching Methods in Mathematics Education. *Bulletin of education and research*. 37(1). 55-77. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1210366> [in English].
2. Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2020). Flipped classroom as a reform-oriented approach to teaching mathematics. *ZDM*. 52(7). 1291-1305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01191-5> [in English].
3. Cheng, H. (2023). Case study of cooperative learning in mathematics: middle school course design. *Journal of Mathematics Education*. 4(1). 1-9 [in English].
4. Darmayanti, R. (2022). Digital comic learning media based on character values on students' critical thinking in solving mathematical problems in terms of learning styles. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*. 13(1). 49-66. DOI: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4803023> [in English].
5. Elbyaly, M. Y., & Elfeky, A. I. (2023). The Impact of Problem-Solving Programs In Developing Critical Thinking Skills. *European Chemical Bulletin*. 12. 6636-6642 [in English].
6. Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*. 1(1). 1-23 [in English].
7. Fuentes-Cabrera, A., Parra-González, M. E., López-Belmonte, J., & Segura-Robles, A. (2020). Learning mathematics with emerging methodologies — The escape room as a case study. *Mathematics*. 8(9). 1586. DOI: [10.3390/math8091586](https://doi.org/10.3390/math8091586) [in English].
8. Junior, J. B. (2020). Assessment for learning with mobile apps: exploring the potential of quizizz in the educational context. *International Journal of Development Research*. 10(01). 33366-33371 [in English].
9. Kania, N., Fitriani, C., & Bonyah, E. (2023). Analysis of Students' Critical Thinking Skills Based on Prior Knowledge Mathematics. *International Journal of Contemporary Studies in Education (IJ-CSE)*. 2(1) [in English].
10. Kaur, G., Rehncy, J., Kahal, K. S., Singh, J., Sharma, V., Matreja, P. S., & Grewal, H. (2020). Case-based learning as an effective tool in teaching pharmacology to undergraduate medical students in a large group setting. *Journal of Medical Education and Curricular Development*. 7. 1-6 [in English].
11. Kobylarek, A., Błaszczyński, K., Ślósarz, L., & Madej, M. (2022). Critical Thinking Questionnaire (CThQ) – construction and application of critical thinking test tool. *Andragogy Adult Education and Social Marketing*. 2(2). 1-13 [in English].
12. Lee, I., & Perret, B. (2022). Preparing high school teachers to integrate AI methods into STEM classrooms. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. 36(11). 12783-12791. DOI: <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i11.21557> [in English].
13. Lessani, A., Yunus, A., & Bakar, K. (2017). Comparison of new mathematics teaching methods with traditional method. *People: International Journal of Social Sciences*. 3(2). 1285-1297. DOI: <https://dx.doi.org/10.20319/pijss.2017.32.12851297> [in English].
14. Mohanty, A., Alam, A., Sarkar, R., & Chaudhury, S. (2021). Design and development of digital game-based learning software for incorporation into school syllabus and curriculum transaction. *Design Engineering*. 8. 4864-4900. <https://www.researchgate.net/publication/355490495> [in English].
15. Palinussa, A. L., Lakusa, J. S., & Moma, L. (2023). Comparison of problem-based learning and discovery learning to improve students' mathematical critical thinking skills. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*. 13(1). 109-122. DOI: <http://dx.doi.org/10.30998/formatif.v13i1.15205> [in English].
16. Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2021). Teaching mathematics with mobile devices and the Realistic Mathematical Education (RME) approach in kindergarten. *Advances in Mobile Learning Educational Research*. 1(1). 5-18. DOI: <https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.01.002> [in English].
17. Patterson, E. W. (1951). Case method in american legal education: Its origins and objectives. *Journal of Legal Education*, 4(1). 182-185 [in English].
18. Pehkonen, E., Näveri, L., & Laine, A. (2013). On teaching problem solving in school mathematics. *CEPS Journal*, 3(4), 9-23. DOI: [10.25656/01:8498](https://doi.org/10.25656/01:8498) [in English].

19. Putri, A., Roza, Y., & Maimunah, M. (2020). Development of learning tools with the discovery learning model to improve the critical thinking ability of mathematics. *Journal of Educational Sciences*, 4(1), 83-92. DOI: <https://doi.org/10.31258/jes.4.1.p.83-92> [in English].
20. Thomas, G. (2021). How to do your case study [in English].
21. Viberg, O., Grönlund, A., & Andersson, A. (2023). Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. *Interactive Learning Environments*. 31(1). 232-243. DOI: 10.1080/10494820.2020.1770801 [in English].
22. Ünal, M. (2017). Preferences of teaching methods and techniques in Mathematics with reasons. *Universal Journal of Educational Research*, 5(2), 194-202. DOI: 10.13189/ujer.2017.050204 [in English].
23. Bezlyudna, N., Dudnik, N. (2022). Viktorystannya kejs-stadi v procesi formuvannya profesijno-etichnoi kompetentnosti majbutnix menedzheriv osviti pid chas priynyattya upravlins'kix rishen` [The use of case studies in the process of forming the professional and ethical competence of future education managers in managerial decision-making]. *Zbirnik naukovix prac' Umans'kogo derzhavnogo pedagogichnogo universitetu*, 2, 106-114. DOI: <https://doi.org/10.31499/2307-4906.2.2022.262938> [in Ukrainian].
24. Kasadzyk, V. (2023). Osoblyvosti zastosuvannya kejs-metodu pry pidhotovtsi zdobuvachiv osvity do innovatsiinoi diialnosti [Peculiarities of applying the case method in preparing students for innovative activities]. *Resursozberihaiuchi tekhnologii lehkoj, tekstylnoi i kharchovoi promyslovosti*, (329-329). Khmelnytskyi: KhNU [in Ukrainian].
25. Kozak, L. V. (2015). Kejs-metod u pidgotovczi majbutnix vikladachiv do innovacijnoi profesijnoi diyal'nosti [Case method in training future teachers for innovative professional activity]. *Osvitologichnij diskurs*, 3(11), 153-162 [in Ukrainian].
26. Perelik osvitynih prohram (10-11 klasy) [List of educational programmes (grades 10-11)]. URL: <https://osvita.ua/school/program/program-10-11/84933/> [in Ukrainian].
27. Sitnik, T. (2021). Viktorystannya kejs-texnologii u konteksti innovacijnogo navchannya u zakladax vishhoi osviti [Using case technology in the context of innovative learning in higher education institutions]. *Molod' i rynok*, 10(196) [in Ukrainian].
28. Sobchenko, T., Vorozhbit-Gorbatyuk, V., Shtefan, L. (2021). Kouchingovi texnologii v osviti: teoriya ta praktika [Coaching technologies in education: theory and practice]. *Pedagogichni nauki*. 78, 11-16 [in Ukrainian].
29. Stynska, V., Shchepil, M., Prokopiv, L. (2023). Kejs-metod-innovatsiia u metodytsi pidhotovky studentiv mahistratury u zakladi vyshchoi osvity [Case method-innovation in the methodology of training master's students in a higher education institution]. *Molod' i rynok*, 4(212), 16-19 [in Ukrainian].

Yevtushenko A.

Candidate of Physics and Mathematics, teacher,
Nizhyn Regional Pedagogical Lyceum of the Chernihiv Regional Council
ealyona@ukr.net
orcid.org/0000-0001-9192-9701

Tarassenko O.

Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Information Technologies, Physical,
Mathematical and Economic Sciences
Nizhyn Mykola Gogol State University
tarassenko.ov@ndu.edu.ua
orcid.org/0000-0003-0799-5410

APPLICATION OF CASE-STUDY IN MATHEMATICS LESSONS IN GENERAL SECONDARY EDUCATION

The tendency to reduce the amount of time spent on mathematics and to focus on the development of competences rather than the transfer of knowledge makes it important to find effective teaching methods. Therefore, the purpose of this study was to test the impact of the case study method on the results of mathematics learning and the development of critical thinking. The following research methods were used: comparing the mathematics performance of students in the control and experimental groups before and after the introduction of case-based methods. In addition, students were tested to assess the impact of the case-study on the level of critical thinking. The survey of teachers revealed the main advantages and disadvantages of using the studied teaching method in the lessons of algebra and the beginnings of analysis and geometry in the senior grades of general secondary education. The influence of the case study method on students' performance in mathematics and on the level of development of critical thinking was determined by means of analysis of variance. It was found that students' performance in mathematics increased by an average of about 1 point as a result of the use of case-based teaching methods. The level of critical thinking development in the experimental group also increased significantly.

Thus, a number of advantages and disadvantages of the studied teaching method have been identified. In particular, it has been found that the use of the case method has a positive impact on the development of critical thinking in students, namely the ability to interpret, analyse, draw conclusions, evaluate, explain and self-regulate. According to the results of teacher surveys, it was found that the case study method promotes student engagement in learning, increases intrinsic motivation and encourages students to be more active in mathematics lessons.

The practical value of this study is to demonstrate the effectiveness of another interactive method of teaching mathematics. The results of this work can be useful for teachers and researchers who are looking for effective teaching methods. The issue of using case-studies in teaching mathematics in primary and secondary schools requires further study.

Key words: critical thinking, teaching method, mathematics methodology, real situation, innovative methods, traditional methods