



ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ



Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)/This work is licensed under [a Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



Svitlana Skvortsova – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Professor of the Department of Mathematics and Methods of Its Teaching, the State Institution «South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky» (Odesa, Ukraine).

Research interests: methodology of teaching mathematics in grades 1-6, professional competence of a teacher, AI in education and scientific activity.

Світлана Скворцова – докторка педагогічних наук, професорка, член-кореспондентка НАПН України, професорка кафедри математики і методики її навчання, Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» (Одеса, Україна).

Наукові інтереси: навчання математики в 1-6 класах, професійна компетентність вчителя, ШІ в освіті та науковій діяльності.

ORCID: 0000-0003-4047-1301
Researcher ID: D-2421-2018
Scopus Author ID: 57212109236
E-mail: skvo08@i.ua



Kira Hnezdilova – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Professor at the Department of Primary and Special Education (Cherkasy, Ukraine).

Research interests: : professional competence of primary school teachers, AI in education and scientific activity, peculiarities of using mathematical statistics methods in psychological and pedagogical research.

Кіра Гнезділова – докторка педагогічних наук, професорка, професорка кафедри початкової і спеціальної освіти, Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького (Черкаси, Україна).

Наукові інтереси: професійна компетентність вчителя початкових класів, ШІ в освіті та науковій діяльності, особливості використання методів математичної статистики у психолого-педагогічних дослідженнях.

ORCID: 0000-0002-5226-840X
Scopus Author ID: 57212134575
ResearcherID: ID AEP-5268-2022
E-mail: kiragnez@gmail.com



Ruslana Romanyshyn – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Head of the Department of Primary Education and Educational Innovations (Ivano-Frankivsk, Ukraine).

Research interests: Methodology of Teaching Mathematics to Primary School Students, Teacher Professional Competence, Artificial Intelligence in Education and Research.

Руслана Романишин – докторка педагогічних наук, професорка, завідувачка кафедри початкової освіти та освітніх інновацій, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника (Івано-Франківськ, Україна).

Наукові інтереси: методика навчання математики учнів початкових класів, професійна компетентність вчителя, ШІ в освіті та науковій діяльності.

ORCID: 0000-0001-8480-2702

Scopus Author ID: 57212105956

ResearcherID: HJZ-4784-2023

E-mail: ruslana.romanyshyn@cnu.edu.ua

DOI: 10.58407/NI.26.1.3

PREVENTION OF MATHEMATICAL ANXIETY IN PRIMARY SCHOOLCHILDREN USING STORYTELLING THERAPY

ПРОФІЛАКТИКА МАТЕМАТИЧНОЇ ТРИВОЖНОСТІ В МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ ЗАСОБОМ КАЗКОТЕРАПІЇ

Math anxiety significantly undermines academic performance and deters future STEM engagement in 20–30% of third-grade elementary students. This pilot study examines the use of AI platforms (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM) to create illustrated math stories designed to prevent math anxiety in children ages 6–10.

The article aims to develop and systematically evaluate mathematical narratives using various AI tools and analyze their capabilities and limitations in creating educational content.

Methods: the study employed an exploratory experimental design combining technology evaluation with pedagogical content analysis. Twelve math stories for Grade 1 were generated by the Claude chatbot and implemented across three AI platforms: Gemini Story Book, Grok, and Notebook LM. The assessment was conducted by two independent experts using a multidimensional rubric (mathematical accuracy, pedagogical appropriateness, narrative quality, and visual appeal). Statistical analysis employed Cohen's kappa coefficient, the nonparametric Kruskal–Wallis test, and Dunn's post-hoc test with Bonferroni correction (IBM SPSS Statistics 27).

Scientific novelty: the study presents the first systematic comparative evaluation of three AI platforms for creating illustrated math stories to prevent math anxiety in young learners. A multidimensional expert rubric for assessing AI-generated educational content was developed and validated, and an original five-stage hybrid workflow was proposed that optimally combines the capabilities of generative AI with human pedagogical expertise.

Results demonstrate that Gemini Story Book delivers superior narrative coherence, visual quality, and mathematical accuracy compared to alternative platforms. However, Grok's automated conversion of Gemini Story Book pages into video introduces critical voice-over inaccuracies. Notebook LM fails to accurately reproduce fairy tale content. Based on the comparative analysis, we recommend an optimal workflow that combines AI efficiency with human pedagogical expertise. The findings affect the development of educational technologies, teacher training, and understanding how digital storytelling can address math anxiety through multiple cognitive and emotional mechanisms.

Keywords: digital storytelling, AI-generated content, education, Gemini Story Book.

Математична тривожність вражає приблизно 20-30% учнів початкової школи до третього класу, суттєво впливаючи на їхню академічну успішність та майбутню залученість до STEM-галузей. Це експериментальне дослідження вивчає застосування AI-платформ (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM) для створення ілюстрованих математичних казок, призначених для профілактики математичної тривожності у дітей віком 6–10 років.

Мета статті – розробка та систематична оцінка математичних наративів, використовуючи різні AI-інструменти, аналізуючи їхні можливості та обмеження для створення освітнього контенту.

Методи дослідження – використано експлораторний експериментальний дизайн, що поєднував оцінку технологій з педагогічним аналізом контенту. Було розроблено 12 математичних казок для 1-го класу, згенерованих чат-ботом Claude, та реалізовано на трьох AI-платформах: Gemini Story Book, Grok і Notebook LM. Оцінювання здійснювалося двома незалежними експертами за багатовимірною рубрикою (математична точність, педагогічна доречність, якість наративу, візуальна привабливість). Для статистичного аналізу застосовувалися коефіцієнт узгодженості Cohen's kappa, непараметричний критерій Kruskal–Wallis та post-hoc тест Данна з поправкою Бонфероні (IBM SPSS Statistics 27).

Наукову новизну дослідження становить перше систематичне порівняльне оцінювання трьох AI-платформ (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM) для створення ілюстрованих математичних казок, спрямованих на профілактику математичної тривожності в молодших школярів. Розроблено та верифіковано багатовимірну рубрику експертного оцінювання AI-генерованого освітнього контенту, а також запропоновано оригінальний п'ятиетапний гібридний робочий процес, що оптимально поєднує можливості генеративного штучного інтелекту з педагогічною експертизою людини.

Висновки демонструють, що Gemini Story Book забезпечує кращу наративну когерентність, візуальну якість та математичну точність порівняно з альтернативними платформами. Однак автоматизована конверсія сторінок книжки, згенерованої Gemini Story Book у відео через Grok призвела до критичних неточностей озвучення. Notebook LM показав недостатню точність відтворення змісту казки. На основі порівняльного аналізу ми пропонуємо оптимальний робочий процес, що поєднує ефективність AI з людською педагогічною експертизою. Висновки мають значення для розвитку освітніх технологій, підготовки вчителів та розуміння того, як цифровий сторителінг може подолати математичну тривожність через множинні когнітивні та емоційні механізми.

Ключові слова: цифровий сторителінг, математична тривожність, AI-генерований контент, освіта Gemini Story Book.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Війна в Україні створила безпрецедентні виклики для освітньої системи, які вимагають інноваційних рішень. Діти 6–10 років, які пережили травматичний досвід війни, потребують педагогічних інструментів, що поєднують навчання з емоційною безпекою. Казки є терапевтичним медіумом, який дозволяє опрацювати складні емоції через безпечні наративи, одночасно формуючи математичні поняття та способи дії, розвиваючи математичне мислення. Математичні казки створюють сприятливу емоційну атмосферу, що допомагає протидіяти типовому стресу та тривожності під час вивчення математики (Irmayanti et al., 2025). Казки мають унікальну здатність привертати увагу та знижувати математичну тривожність, перетворюючи невпевнених учнів на ентузіастів

(Ultimate Guide, 2025). Математичні поняття, представлені або підкріплені через історію чи казку, можуть створювати заспокійливий ефект для тих, хто має труднощі у вивченні математики.

Математична тривожність представляє один із найзначніших викликів у сучасній початковій освіті. Дослідження послідовно демонструють, що від 20 до 30 відсотків дітей розвивають тривожність щодо математики до третього класу. Це явище проявляється як почуття напруги та занепокоєння, що заважає результативності і швидкості обчислень та розв'язування математичних задач. Така тривожність створює замкнене коло, де емоційний дистрес порушує когнітивну обробку інформації, що зумовлює зниження продуктивності. Це своєю чергою посилює тривожність і, врешті-решт, призводить до уникнення математичної діяльності та зниження залученості до STEM-галузей.

Аналіз основних досліджень і публікацій з порушеної проблеми.

Теоретична основа для розуміння цього феномену ґрунтується на нейрокогнітивних дослідженнях, які демонструють, що математична тривожність активує ділянки мозку, що пов'язані з обробкою загрози та фізичного болю, зокрема мигдалину та передню поясну кору (Amunts et al., 2005; Young et al., 2012). Дослідження з використанням функціональної магнітно-резонансної томографії виявили, що ці патерни активації з'являються вже у віці від семи до дев'яти років, що вказує на те, що втручання під час навчання в початковій школі представляє критичне вікно для запобігання консолідації математичної тривожності (Young et al., 2012). Крім того, математична тривожність специфічно порушує ресурси робочої пам'яті, необхідні для математичних обчислень, створюючи те, що дослідники називають афективним спадом, коли продуктивність непропорційно знижується під оціночним тиском (Ashcraft, 2002).

Традиційна методика навчання математики переважно спирається на формально-логічні підходи, які часто конфліктують з природними когнітивними механізмами дітей віком від шести до десяти років. Згідно з теорією розвитку Піаже (Piaget, 1952), діти в цьому віковому діапазоні залишаються на стадії конкретних операцій, що характеризується здатністю виконувати логічні операції над конкретними об'єктами, але є суттєві труднощі з суто абстрактним мисленням. Це створює фундаментальну напругу між абстрактною природою математичного знання та конкретно-образним мисленням, що домінує в дітей при когнітивній обробці протягом цих формувальних років.

Казкотерапія з'явилася як перспективний педагогічний підхід, який вирішує цю напругу, вбудовуючи математичні поняття в наративні структури, що резонують із природними способами мислення дітей. Теоретична робота Bettelheim (2010) та наступні емпіричні дослідження Furner (2017) демонструють, що казки створюють психологічно безпечні простори, де діти можуть взаємодіяти зі складним контентом через ідентифікацію з казковими персонажами, переживаючи розв'язування математичних задач опосередковано, без загрози для Я-концепції, яку створює пряме оцінювання. Однак традиційні підходи до математичних казок стикаються зі значними практичними обмеженнями, включаючи трудомісткість створення якісних ілюстрованих наративів та виробництва ілюстративних матеріалів, достатньо захоплювальних для сучасних цифрових дітей.

Наукові дослідження (Wu & Chen, 2020; Gómez-Martín et al., 2025) виявили, що цифровий сторителінг (Digital Storytelling, DST) перевершує традиційні наративи в розвитку цифрових компетентностей, мотивації та когнітивного залучення. Wu & Chen (2020) у систематичному огляді 57 досліджень встановили вісім типів результатів DST: афективні, когнітивні, концептуальні, академічні, технологічні, лінгвістичні, онтологічні та соціальні. Gómez-Martín et al. (2025) у PRISMA-огляді 154 досліджень визначили, що DST має значущий вплив на цифрові навички, обчислювальне мислення та усну експресію.

Поява технологій генеративного штучного інтелекту між 2022 та 2025 роками фундаментально трансформувала ландшафт створення освітнього контенту. Інструменти, здатні генерувати когерентні наративи, створювати ілюстрації з текстових описів та синтезувати природно звучну мову, тепер пропонують безпрецедентні можливості для швидкої розробки кастомізованих освітніх матеріалів. Однак застосування цих технологій до математичної освіти залишається значною мірою недослідженим, зі значними питаннями щодо їхньої педагогічної доречності, математичної точності та практичної зручності використання для педагогів без технічної експертизи.

Це дослідження вирішує ці прогалини через систематичне експериментальне оцінювання трьох провідних AI-платформ для створення математичних казок. Наші цілі охоплюють вивчення практичного застосування AI-інструментів для математичного сторителінгу, оцінку можливостей та обмежень кожної платформи через суворі критерії, пропозицію оптимальних робочих процесів на основі емпіричного тестування та аналіз наслідків для профілактики математичної тривожності через цифрові наративи. Дослідження робить як теоретичний, так і практичний внесок, розширюючи теорію казкотерапії в цифрову сферу, водночас надаючи практичні рекомендації для педагогів та розробників технологій.

Формулювання цілей статті. Мета дослідження – здійснити порівняльний аналіз можливостей AI-платформ (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM) для створення ілюстрованих математичних казок як засобу профілактики математичної тривожності у дітей молодшого шкільного віку та розробити науково обґрунтований workflow (тобто схему того, хто, що і в якому порядку має робити) їх застосування в освітній практиці. Для досягнення мети у дослідженні розв'язувалася група завдань:

1. Теоретико-аналітичні завдання:

Завдання 1.1: Проаналізувати психолого-педагогічні механізми впливу казкових наративів на формування математичних компетентностей та профілактику математичної тривожності у дітей 6-10 років на основі сучасних нейрокогнітивних досліджень та теорії розвитку.

Завдання 1.2: Систематизувати когнітивні, емоційні та поведінкові характеристики покоління Альфа, релевантні для проектування цифрових освітніх наративів у галузі математичної освіти.

2. Експериментально-технологічні завдання:

Завдання 2.1: Розробити та апробувати набір із 12 математичних казок із використанням трьох AI-платформ (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM), що охоплюють ключові теми початкової математичної освіти, з метою попередження математичної тривожності учнів.

Завдання 2.2: Провести систематичне порівняльне оцінювання якості згенерованого контенту за критеріями математичної точності, педагогічної доречності, наративної когерентності, візуальної привабливості та технічної надійності.

Завдання 2.3: Виявити специфічні переваги та обмеження кожної AI-платформи для створення освітнього контенту математичного спрямування.

3. Методико-практичні завдання:

Завдання 3.1: Розробити оптимальний workflow для створення математичних казок, що поєднує можливості генеративного AI з педагогічною експертизою вчителя.

Завдання 3.2: Сформулювати практичні рекомендації для педагогів щодо інтеграції AI-генерованих математичних казок у навчальний процес початкової школи.

Завдання 3.3: Визначити критерії якості та методичні принципи відбору/ створення цифрових математичних наративів для профілактики математичної тривожності.

Висвітлення процедури теоретико-методологічного дослідження. Діти віком від шести до десяти років належать до перехідного періоду когнітивного розвитку, що характеризується консолідацією конкретно-образного мислення. Протягом цієї стадії діти набувають здатності виконувати логічні операції, включаючи класифікацію, серіацію та розуміння оберненості (асоціативності), але ці операції залишаються фундаментально прив'язаними до конкретних, фізично присутніх або легко уявлених об'єктів та ситуацій. Абстрактно-дедуктивне мислення, характерне для формально-операційної думки, залишається значною мірою недоступним, створюючи фундамен-

тальний педагогічний виклик при викладанні математики, яка за своєю природою має справу з абстрактними поняттями та відношеннями.

Ця характеристика розвитку має глибокі наслідки для математичного навчання. Коли діти стикаються з математичними поняттями, представленими суто символічно, вони повинні задіяти когнітивні процеси, до яких їхній мозок ще не повністю готовий. Дослідження в нейронауці підтверджують, що регіони префронтальної кори, що підтримують абстрактне мислення, продовжують дозрівати протягом дитинства та підліткового віку. Отже, діти, які вивчають математику через суто символічне навчання, повинні працювати проти свого розвиткового напрямку, збільшуючи когнітивне навантаження та створюючи можливості для виникнення тривожності, коли діти відчувають, що повинні розуміти матеріал, який їхня когнітивна архітектура ще не може ефективно обробити.

Казки вирішують цю невідповідність розвитку, надаючи конкретні, образні репрезентації абстрактних математичних понять. Наприклад, коли суть арифметичної дії додавання вводиться через історією персонажа, який збирає предмети протягом подорожі, або дробі виникають через наративну проблему справедливого ділення торта між дітьми, то абстрактні операції отримують конкретні референти, доступні для конкретно-операційного мислення. Ця трансформація знижує когнітивне навантаження не через спрощення математичної суті поняття, а через представлення її у форматі, оптимізованому для поточної стадії когнітивного розвитку дитини (Ramirez et al., 2016).

Математична тривожність функціонує як вторинне завдання, що споживає ресурси робочої пам'яті, необхідні для математичних обчислень. Нейронаукові дослідження з використанням функціональної магнітно-резонансної томографії виявили, що особи з високою математичною тривожністю демонструють підвищену активацію в правій мигдалині, зокрема в базолатеральному ядрі, пов'язаному з вивченими реакціями страху під час очікування математичних завдань (Ashcraft & Kirk, 2001; Ashcraft & Krause, 2007; Passolunghi et al., 2016, 2020; Ramirez et al., 2013). Ця активація відбувається навіть перед взаємодією з математичним контентом, припускаючи, що тривожність представляє автоматичну, умовну реакцію на математичні стимули, а не раціональну оцінку складності завдання.

Когнітивні наслідки цієї активації тривожності є суттєвими. Робоча пам'ять,

особливо її вербальні компоненти, відіграє критичну роль у розв'язуванні математичних задач, підтримуючи проміжні обчислення, утримуючи параметри проблеми в пам'яті та підтримуючи витягування та застосування математичних процедур. Коли активується тривожність, нав'язливі думки та фізіологічні стресові реакції займають ємність робочої пам'яті, залишаючи менше ресурсів, доступних для математичної обробки. Це пояснює, здавалося б, парадоксальне припущення, що математична тривожність має найсильніший негативний вплив на осіб із високою ємністю робочої пам'яті, які за нормальних обставин, як очікується, будуть успішними в математиці, але чиї вищі ресурси робочої пам'яті стають захопленими когніціями, пов'язаними з тривожністю (Ramírez et al., 2013).

Крім безпосереднього когнітивного порушення, математична тривожність ініціює поведінкові патерни, що посилюють її ефекти з часом. Діти, які переживають математичну тривожність, схильні уникати математичної діяльності, зменшуючи свої можливості для практики та запобігаючи автоматизації базових математичних фактів та процедур (Geist, 2010; Gunderson et al., 2018). Це уникнення створює самоздійснювальне пророцтво, де тривожність призводить до зменшеної експозиції, що запобігає розвитку навичок, що підтверджує тривожне переконання, що людина не може займатися математикою, що посилює тривожність. Розрив цього циклу вимагає втручання, що зменшає тривожність, одночасно підтримуючи математичну залученість.

Казки володіють унікальними характеристиками, що роблять їх особливо придатними для усунення математичної тривожності при підтримці когнітивного розвитку. З психологічного погляду, казки створюють те, що Bettelheim (2010) назвав терапевтичною дистанцією, дозволяючи дітям взаємодіяти зі складними ситуаціями та емоціями через ідентифікацію з казковими персонажами, а не через пряму особисту конфронтацію. Коли дитина читає про казкового героя, який бореться з математичною проблемою, вона може переживати когнітивні та емоційні процеси розв'язування задач без загрози, що виникає від особистої невдачі. Боротьба персонажа стає безпечним простором для вивчення стратегій, здійснення помилок та, врешті-решт, успіху, створюючи опосередкований досвід, який формує впевненість без ризику (Passolunghi et al., 2020).

Наративна структура казок також надає потужні організаційні рамки для обробки інформації та пам'яті. Замість

представлення математичних фактів як роз'єднаних елементів для запам'ятовування, казки вбудовують ці факти в причинно пов'язані події, що формують когерентні історії. Дослідження когнітивної психології послідовно демонструють, що інформація, організована в наративні структури, показує вищу ретенцію порівняно з еквівалентною інформацією, представленою як списки або ізольовані факти (Ashcraft & Kirk, 2001). Людський розум, здається, фундаментально організований для обробки та запам'ятовування історій, з наративним розумінням, що активізує розподілені нейронні мережі, які створюють множинні шляхи витягування для закодованої інформації.

Крім того, казки природно містять повторювані структури, такі як три спроби, три бажання або три супутники, що служать мнемонічними пристроями, одночасно моделюючи важливі математичні поняття чи способи дії (Ashcraft & Kirk, 2001). Ці повторення надають природні можливості для практики математичних операцій без нудьги тренувальних вправ (Ramírez et al., 2013; Ramírez et al., 2016). Коли персонаж повинен вирішити подібну проблему тричі з невеликими варіаціями, діти беруть участь у розподіленій практиці, що підтримує навчання, одночасно підтримуючи наративний інтерес через варіації в контексті або наслідках.

Отже, математичні казки є особливо ефективним інструментом, оскільки вони: 1) знижують когнітивне навантаження через вбудовування математичного змісту в знайомі наративні структури, що особливо важливо для дітей з травмами, у яких стресові гормони порушують функціонування префронтальної кори (Arnsten, 2009); 2) забезпечують мультимодальний доступ до змісту (візуальний через образи, аудіальний через розповідь, кінестетичний через драматизацію, емоційний через ідентифікацію з персонажем), що відповідає принципам Універсального дизайну навчання для включення всіх учнів незалежно від рівня підготовки (CAST, 2018); 3) створюють емоційно безпечний контекст для математичного навчання, оскільки казкова дистанція дозволяє дітям з тривожністю взаємодіяти з математичним змістом без активації загрозливих асоціацій (Ramírez et al., 2018); 4) не вимагають попереднього формального математичного досвіду, що робить їх доступними для дітей із різним рівнем підготовки та перервами у навчанні (Ginsburg et al., 2008); 5) культурно адаптовані завдяки використанню універсальних казкових архетипів, що дозволяє дітям із різних регіонів

України знаходити точки зв'язку з власним культурним досвідом (Nicolouroulou, 2008).

Діти, які зараз навчаються в початковій школі, належать переважно до покоління Альфа, народженого після 2015 року та характеризуваного довічним зануренням у цифрові середовища. Це покоління демонструє когнітивні та поведінкові патерни, сформовані інтенсивною ранньою експозицією до інтерактивних цифрових медіа, включаючи переваги швидкого перемикання інформації, що іноді називають кліповим мисленням (Skvortsova et al., 2021), сильну візуальну орієнтацію, що надає перевагу зображенням над розширеним текстом, очікування негайного зворотного зв'язку та інтерактивності, та знайомства з елементами гейміфікації, такими як індикатори прогресу та системи досягнень.

Ці характеристики створюють як виклики, так і можливості для математичної освіти. Традиційне навчання, що спирається на стійку увагу до вербальних пояснень та терпляче виконання письмових вправ, може відчуватися все більш чужим для дітей, чия когнітивна екологія була сформована динамічним, мультимодальним цифровим досвідом. Однак цифровий сторителінг може подолати цю прогалину, включаючи візуальне багатство, епізодичну структуру та мультимедійне різноманіття, що узгоджуються з перевагами покоління Альфа, водночас зберігаючи педагогічні та терапевтичні переваги навчання на основі наративів.

Критичний виклик полягає в підтриманні цього балансу. Надмірна інтерактивність або візуальна стимуляція можуть фрагментувати увагу та зменшити рефлексивний простір, необхідний для глибокої обробки та емоційної залученості до наративного контенту (Mayer, 2014; Sweller, 2020). Дослідження цифрового читання припускають, що певні цифрові можливості, особливо ті, що дозволяють постійну взаємодію або відволікання, можуть насправді погіршити розуміння та зменшити уявну залученість, яка робить традиційний сторителінг психологічно потужним. Тому успішні цифрові математичні казки повинні обдуманно інтегрувати технологію для покращення, а не перевантаження основних наративних та педагогічних функцій.

Цифрові казки, представлені у вигляді озвученої книжки чи відео, операціоналізують профілактику тривожності через кілька взаємопов'язаних механізмів. Ідентифікація персонажа дозволяє емоційну реатрибуцію, де діти обробляють математичні виклики через казкових протагоністів, а не пряму особисту конфронтацію. Коли зрозумілий персонаж стикається з мате-

матичною проблемою, переживає початкову плутанину, пробує різні підходи, робить помилки та, врешті-решт, досягає успіху через наполегливість, дитина-спостерігач інтерналізує цю послідовність розв'язування проблем як життєздатну модель для власної математичної залученості.

Наративна дистанція, створена сторителінгом, надає критичну психологічну безпеку. Математичні проблеми, вбудовані в казкові контексти, реєструються когнітивно, як елементи історії, а не оцінні загрози. Це зміщує сприйняття дитини від того, що її тестують на знання математики, до цікавості, що станеться далі в історії, зменшуючи активацію мигдалини, пов'язану з обробкою загрози (Lyons & Beilock, 2012). Нейровізуалізаційні дослідження, що порівнюють відповіді на математичні завдання, представлені як ігри проти тестів, демонструють, що ідентичний математичний контент викликає різні патерни активації мозку, залежно від фреймування, з ігровими або казковими контекстами, що виробляють менше активації, пов'язаної з тривожністю (Ramirez, 2016).

Цифрова реалізація покращує ці механізми через побудову множинних репрезентацій. Математичні поняття, що трапляються одночасно через наративний опис, візуальну ілюстрацію та аудіонарацію, створюють розподілені сліди пам'яті, доступні через різні шляхи витягування. Коли тривожність порушує один канал обробки, альтернативні репрезентації залишаються доступними. Наприклад, якщо вербальна робоча пам'ять стає скомпрометованою нав'язливими думками, пов'язаними з тривожністю, дитина може повернутися до візуальної пам'яті, ілюстрованої репрезентації математичного поняття.

Повторна експозиція до математичних казок створює автоматичні позитивні асоціації між математичним контентом та задоволенням від залучених наративів. Принципи класичного кондиціонування припускають, що коли математичні стимули послідовно з'являються в позитивних емоційних контекстах, вони набувають позитивної валентності через асоціацію. З часом це може протидіяти негативним асоціаціям, що характеризують математичну тривожність, де математичні символи та ситуації стали умовними тригерами для стресових відповідей (Lyons & Beilock, 2012).

На основі аналізу теоретичних джерел та педагогічної практики визначено шість ключових вимог до математичних казок для ефективної профілактики тривожності:

Вимога 1: Математична точність та концептуальна ясність. Усі числові операції,

факти та термінологія мають бути коректними, без спрощень, що можуть сформувати помилкові уявлення. Математичні поняття представляються достатньо експліцитно для розуміння, але органічно вплетені в сюжет, без надмірної дидактичності.

Вимога 2: Нормалізація труднощів та продуктивне моделювання помилок. Персонажі демонструють, що зіткнулися з математичними труднощами є нормальним досвідом. Вони роблять помилки, але реагують конструктивно – аналізують, коригують, пробують знову – без катастрофізації. Це створює когнітивну модель: помилка → аналіз → корекція → успіх.

Вимога 3: Множинні репрезентації та модальності. Концепції представлені через дії персонажів (сенсомоторний рівень), візуальні зображення (образний рівень), вербальний опис (символічний рівень) та емоційні переживання. Це створює розподілену нейронну мережу, забезпечуючи альтернативні шляхи доступу до інформації.

Вимога 4: Демонстрація множинних стратегій розв'язування. Казки показують більше одного способу вирішення проблем, підкреслюючи, що немає єдиного правильного шляху. Це протидіє перфекціонізму та жорсткості мислення, що часто супроводжують математичну тривожність.

Вимога 5: Емоційна валідація та позитивна розв'язка. Страх, фрустрація чи плутанина персонажів визнаються як легітимні почуття. Історії завершуються успіхом завдяки зусиллям та наполегливості (не вроджений талант), створюючи емоційно позитивну асоціацію з математичними викликами та підтримуючи установку на зростання.

Вимога 6: Культурна релевантність та інклюзивність. Персонажі, налаштування та ситуації відображають різноманітність учнів, що уникає стереотипів, математику представлена як культурно-нейтральна діяльність, доступна для всіх, незалежно від гендеру, етнічності чи соціально-економічного статусу.

Методологія експериментального дослідження. У дослідженні використано експлораторний експериментальний дизайн, що поєднує оцінку технологій із педагогічним аналізом контенту. Ми вибрали три AI-платформи, що представляють різні підходи до створення цифрового контенту. Gemini Story Book пропонує інтегроване середовище для генерації ілюстрованих книжок, також, зокрема, за поданим у промті текстом казки, із вбудованою аудіонарацією, позиціонуючи себе як комплексне рішення для створення дитячої літератури. Grok надає можливості конверсії зобра-

ження у відео, дозволяючи трансформацію статичних ілюстрацій в анімовані відеонаративи з озвучуванням за промтами, які можна виправляти з метою досягнення бажаного результату. Notebook LM представляє передовий інструмент мультимедійного синтезу, призначений для складної генерації контенту через кілька модальностей, причому відеоряд та текст озвучування генерується системою без втручання людини. Таким чином, ми обрали три інструменти, які дозволяють генерацію казки за поданим текстом із різною мірою відхилення від неї, та її візуалізацію.

Вибір платформи спирався на критерії, що надають пріоритет доступності для педагогів без поглибленої технічної підготовки, якості вихідного продукту, достатньої для класного використання, та доступності на безкоштовних або низьковартісних рівнях, що дозволяють широке прийняття. Ми навмисно виключили платформи, що вимагають експертизи програмування або дорогих підписок, визнаючи, що практичний освітній вплив залежить від інструментів, до яких вчителі можуть реалістично отримати доступ та використовувати.

На першому етапі ми розробили дванадцять математичних казок, що охоплюють основні теми навчальної програми для 1-го класу, включаючи поняття числа та лічбу, базові арифметичні операції додавання та віднімання, геометричні фігури та просторові відношення, процес вимірювання та розв'язування задач. Кожна історія була розроблена для попередження математичної тривожності через специфічні механізми, включаючи протагоністів-персонажів, які моделюють продуктивну боротьбу з математичними викликами, явну нормалізацію помилок як можливостей для навчання, демонстрацію множинних стратегій розв'язування, природне вбудовування математичного словника та емоційні дуги, що відзначають зусилля та наполегливість, а не вроджені здібності. Казки були згенеровані чат-ботом Claude за промтами, які містили розроблений нами математичний зміст історії і вимоги до математичних казок, метою яких є попередження математичної тривожності. Кожна казка пройшла оцінювання експертом на предмет відповідності загальній меті – викладання математичного змісту в емоційно безпечному контексті з дотриманням вимог до попередження математичної тривожності.

Процес створення почався з детального інженерингу промптів для кожної AI-платформи. Для Gemini Story Book ми діяли двома способами: 1) промпти специфікували повні наративні дуги, включаючи описи

персонажів, налаштування історії, математичні проблеми для вирішення, бажаний стиль ілюстрації та емоційний тон, вимоги до попередження математичної тривожності; 2) промти із вимогою точного відтворення тексту казки. Ми ітеративно вдосконалювали промти на основі початкових виходів, розвиваючи набір ефективних промпт-патернів, що послідовно виробляли педагогічно доречний контент. Наприклад, специфікація того, що математичні поняття повинні з'являтися через дії персонажів, а не дидактичне пояснення, призвела до більш природної наративної інтеграції, ніж загальні запити включити додавання. Експериментальний процес проходив через систематичні фази для кожної історії. Початкова генерація з використанням Gemini Story Book виробляла ілюстровані книжки з інтегрованою аудіонарацією. Наступним кроком ми експортували створенні Gemini Story Book книжки казок як PDF-документи на власний комп'ютер з метою друку і створення паперової книжки. У такий спосіб ми одержали цифрову книгу, яка доступна за посиланням, зокрема аудіокнигу з візуальною підтримкою і роздруківку казки.

Для створення відеOVERSII казки, згенерованої Claude ми створювали сценарій для відео за допомогою Chatgpt та Gemini. Ці чат-боти надавали кастомні сценарії нарації, узгоджені з оригінальним текстом історії. Після перевірки сценарію Chatgpt та Gemini згенерували промти для створення відеосцен у Grok. Зазвичай Grok генерує дуже коротенькі відео, тривалістю 60 секунд (у безкоштовній версії); за умов правильного налаштування акаунту, ця платформа дає можливість створити досить велику кількість відеосцен, що створює умови для їх ітерації. Ми створювали відео кожної сцени з озвучуванням відповідно тексту сценарію і потім експортували всі сцени у Canva й генерували цілісне відео казки.

Одночасно ми створювали альтернативні версії казок з використанням Notebook LM у вигляді аудіоподкастів та відео для можливості порівняльної оцінки. У цьому сервісі створювався блокнот, до якого завантажено таке: 1) математичний зміст казки, вимоги до казок щодо попередження математичної тривожності; 2) згенеровану Claude готову казку. На основі цих документів у Notebook LM створювалися: 1) подкаст; 2) відео. Слід зазначити, що при створенні математичних казок Notebook LM визначає тему, героїв, концептуальну казкову структуру (початок, спроби, кульмінація, розв'язка), визначає інтеграцію математики та психотерапевтичні елементи.

Протягом цього процесу ми підтримували детальну документацію параметрів генерації, часу обробки, показників успіху та якісних спостережень характеристик виходу.

Для оцінювання використовували багатовимірну рубрику, що охоплює математичну точність, педагогічну доречність, якість наративу, візуальну привабливість та технічну продуктивність. Оцінка математичної точності досліджувала, чи арифметичні операції були правильно представлені, чи математична термінологія використовувалась точно та чи візуальні репрезентації точно зображували математичні поняття та способи дії. Оцінка педагогічної доречності розглядала узгодження з віково-доречними когнітивними рівнями, ефективність вбудовування математичного поняття в наратив, потенціал для зниження тривожності через механізми психологічної безпеки та культурну чутливість контенту та образів.

Оцінка якості наративу аналізувала когерентність історії та логічний потік, потенціал залучення сюжету та персонажів, емоційний резонанс та розвиток персонажа, баланс між інтересом до історії та математичним фокусом. Оцінка візуальної якості фіксувала ясність ілюстрації та естетичну привабливість, послідовність художнього стилю через сторінки, точність візуальних репрезентацій відносно тексту та доречність образів для цільової вікової групи. Метрики технічної продуктивності містили показники успіху генерації та надійності, час обробки та ефективності, легкість використання для педагогів із різними технічними навичками та гнучкість для кастомізації та ітерації.

Два незалежних оцінювачі з експертизою в початковій математичній освіті та освітніх технологіях оцінювали кожну згенеровану історію, використовуючи цю рубрику, з розбіжностями, вирішеними через обговорення. Цей підхід надав як кількісні оцінки, що дозволяють статистичне порівняння через платформи, так і якісні інсайти в специфічні сильні сторони та обмеження.

Міжекспертна узгодженість оцінювалася Cohen's kappa coefficient. Порівняння платформ здійснювалося непараметричним Kruskal-Wallis H test. Оскільки цей тест не вказує на напрямок змін, а лише на їх наявність, було здійснено попарне порівняння всіх платформ (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM) за кожним критерієм (Dunn's post-hoc test with Bonferroni correction). Усі розрахунки здійснювалися за допомогою програмного продукту IBM SPSS Statistics 27. Pairwise comparisons.

Порівняльна продуктивність платформ. Систематична оцінка через дванадцять математичних казок виявила суттєві відмінності в продуктивності платформ. Gemini Story Book досяг найвищих загальних оцінок якості, з середніми рейтингами 2.7 з 3 для математичної точності, 2.8 для педагогічної доречності, 2.4 для якості наративу та 2.6 для візуальної привабливості. Платформа продемонструвала особливу силу в підтриманні послідовного художнього стилю через багатосторінкові історії та успішну інтеграцію математичних понять у природний наративний потік при наданні добре створених промптів.

Інтегрований робочий процес, запропонований Gemini Story Book, виявився особливо цінним для педагогів. Одна платформа, що обробляє генерацію тексту, ілюстрацію та озвучення голосу, усунула технічну складність координації кількох інструментів. Час генерації в середньому становив від п'яти до п'ятнадцяти хвилин на повну ілюстровану історію (разом із редагуванням, за потреби), що свідчить про значні переваги щодо ефективності порівняно з ручним створенням, яке вимагає годин роботи з письмом та ілюстрацією. Текст-в-мову нарація, хоча й не відповідає професійній людській нарації, досягла достатньої якості для класного використання з чітким вимовлянням та помірною емоційною експресивністю.

На момент тестування, конверсія відео Grok за створеними за сценарієм відео промптів до кожної сцени мала критичні обмеження щодо візуального контенту, які ставили під сумнів її корисність для освітнього контенту. Найбільш значущим є

те, що система платформи не змогла в окремих випадках правильно відтворити надані описи математичних записів і в тексті озвучування, у чітко визначених у промтах. Для математичної освіти, що вимагає точності у записах і в термінології ця ненадійність виявилася небезпечною. Крім того, довжина відео є досить короткою (до 10 секунд), що спричиняє необхідність склеювання окремих сцен.

Notebook LM продемонстрував можливості для генерації наративних рамок та мультимедійних пропозицій, але показав значні слабкості у виконанні. Згенеровані історії часто відхилялися від специфічних математичних цілей навчання, математичним контент ставав периферійним, а не центральним для наративів. Навіть за вимогою дослівно відтворити зміст казки в згенерованих відео наявні відхилення від її змісту. Візуалізаціям не вистачало яскравості та художньої когерентності ілюстрацій Gemini Story Book, з'являючись більш загальними та менш цікавими для цільової вікової групи. Крім того, стилістика візуалізацій відрізнялася від сцени до сцени.

Статистичне оцінювання. Міжекспертна узгодженість розраховувалася відповідно до всіх критеріїв оцінки платформ (Таблиця 1).

Cohen's kappa coefficient загальної міжекспертної узгодженості становив $\kappa = 0.76$ ($p < 0.001$), що відповідає суттєвій узгодженості між експертами. Це підтверджує надійність оцінювання та валідність дослідження.

Таблиця 2 представляє дескриптивну статистику за критеріями.

Таблиця 1

Cohen's kappa coefficient results

Criterion	Cohen's kappa coefficient
Математична точність	0,724, $p < 0.001$
Педагогічна доречність	0,785, $p < 0.001$
Якість наративу	0,744, $p < 0.001$
Візуальна привабливість	0,761, $p < 0.001$

Таблиця 2

Descriptive statistics of platform quality indicators

Платформа	Математична точність M, SD	Педагогічна доречність M, SD	Якість наративу M, SD	Візуальна привабливість M, SD	Успішність
Gemini Story Book	M=2.71 SD=0.464	M=2.79 SD=0.415	M=2.42 SD=0.504	M=2.63 SD=0.495	95%
Grok	M=1.63, SD=0.495	M=1.42 SD=0.504	M=1.42 SD=0.504	M=1.50 SD=0.511	80%
Notebook LM	M=2.17 SD=0.565	M=2.13 SD=0.338	M=2.13 SD=0.338	M=2.33 SD=0.565	88%

Результати розрахунків у Таблиці 2 свідчать, що беззаперечним лідером у створенні освітнього контенту є Gemini Story Book. Платформа продемонструвала високі показники за всіма параметрами. Натомість платформа Notebook LM показала стабільні середні результати, що позиціонує її як надійний, але менш креативний інструмент. Платформа Grok виявилася найменш адаптованою до поставлених завдань, отримавши найнижчі бали.

Аналіз результатів за критерієм оцінювання «педагогічна доречність» свідчить про те, що найвищий рівень відповідності освітнім цілям зафіксовано у Gemini Story Book ($M=2.79$). Такі результати дозволяють стверджувати, що платформа здатна коректно інтегрувати навчальні елементи в сюжет. Найнижчий показник за цим критерієм у платформи Grok ($M=1.42$). За критерієм «математична точність» Gemini Story Book продемонструвала найкращу здатність до оперування математичними поняттями в межах казки $M=2.71$, тоді як у Notebook LM цей показник є помірним $M=2.17$. Якщо

говорити про такі критерії оцінки як «якість наративу» і «візуальну привабливість», то всі платформи показали певну варіативність.

З метою проведення оцінювання відмінностей одночасно між трьома платформами (підлітки, старшокласники і студенти) за рівнем розвитку вікової відповідальності був застосований Kruskal-Wallis H test.

Були сформульовані гіпотези, які перевірялися на рівні значущості $p \leq 0,05$.

H_0 : платформи (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM), за оцінками експертів, не розрізняються за критеріями (математична точність, педагогічна доречність, якість наративу, візуальна привабливість).

H_1 : платформи (Gemini Story Book, Grok, Notebook LM), за оцінками експертів, мають відмінності за критеріями (математична точність, педагогічна доречність, якість наративу, візуальна привабливість).

Результати перевірки гіпотез за кожним критерієм наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Kruskal-Wallis Test Results of platform quality indicators

Criterion	Test Statistic, Asymptotic Significance
Математична точність	31.755, $p < 0.001$
Педагогічна доречність	40.673, $p < 0.001$
Якість наративу	33.531, $p < 0.001$
Візуальна привабливість	36.526, $p < 0.001$

Отже, результати обчислення Kruskal-Wallis Test Results підтвердили статистичну значущість відмінностей за всіма критеріями (математична точність; педагогічна доречність; наративна когерентність; візуальна якість).

Оскільки Kruskal-Wallis Test Results не вказує на напрямок змін, а лише на їхню наявність, було здійснено попарне порівняння (Dunn's post-hoc test with Bonferroni correction) платформ за всіма критеріями. Результати обчислень виявили статистично значущі відмінності за критерієм «математична точність» між Grok та Notebook LM ($p = 0.001$), а також між Grok та Gemini Story Book ($p < 0.001$). Водночас між платформами Notebook LM та Gemini Story Book статистично значущої різниці не виявлено ($p = 0,119$), що скоріше свідчить про те, що результати Grok суттєво відрізняються від показників двох інших платформ.

Аналіз результатів за критерієм «педагогічна доречність» виявив статистично значущі відмінності між усіма досліджуваними платформами. Результати попарних порівнянь (Dunn's post-hoc test with

Bonferroni correction) свідчать про суттєву різницю між Grok та Gemini Story Book ($p < 0,001$), а також між Grok та Notebook LM ($p = 0,003$). Важливо зазначити, що за критерієм «педагогічна доречність» між Notebook LM та Gemini Story Book також спостерігається статистично значуща різниця ($p = 0,007$). Це вказує на те, що кожна платформа має унікальний профіль педагогічної ефективності.

Аналіз результатів обчислень за критерієм «якість наративу» та «візуальна привабливість» продемонстрував тенденцію, подібну до результатів математичної точності: Grok статистично значуще відрізняється як від Notebook LM ($p < 0,001$), так і від Gemini Story Book ($p < 0,001$). Проте між Notebook LM та Gemini Story Book статистично значущої різниці не виявлено ($p = 0,313$, $p = 0,015$).

Рекомендації оптимального робочого процесу. На основі емпіричного тестування ми пропонуємо гібридний робочий процес, що максимізує можливості AI, зберігаючи педагогічний контроль якості. Процес починається з концептуального підходу, де

педагоги ідентифікують цілі навчання математики, проєктують передумови історії, що природно включають математичні поняття чи способи дії, та специфікують бажані емоційні та педагогічні елементи з дотримання вимог до попередження математичної тривожності. Одержані результати є основою для промта, який використовується у чат-боті Claude для генерації математичної казки з терапевтичним ефектом. Згенерована казка перевіряється експертом на дотримання математичної точності і реалізацію вимог до попередження математичної тривожності. Ця початкова фаза забезпечує те, що історії вирішують фактичні потреби навчальної програми та втілюють надійні педагогічні принципи, а не сліднують будь-яким патернам, що виникають з даних тренування AI.

Первинна генерація контенту проходить через Gemini Story Book із використанням ретельно створених промптів, що специфікують повні наративні дуги, явну математичну мову та приклади, описи персонажів, що наголошують на установках на зростання мислення, бажані стилі ілюстрації та культурні або містять вимогу чіткого дотримання тексту згенерованої Claude казки. Платформа генерує початкові версії, які педагоги потім переглядають на математичну точність, педагогічну доречність та якість наративу. Ітеративне вдосконалення через модифіковані промпти вирішує будь-які недоліки, ідентифіковані в початкових виходах.

Зазначимо, що Gemini Story Book пропонує озвучування створеної ним книжки високим або низьким голосом й дозволяє автоматичне її прочитування. Для створення відео ми рекомендуємо завантажити PDF книжки з Gemini Story Book і зберегти цей файл ще у форматі jpg. У такий спосіб кожна сторінка книжки буде конвертована в окремий файл. І далі, за допомогою Gemini, створюється сценарій відео і промти кожної сцени для Grok. Наступним кроком Grok перетворює кожен ілюстрацію книжки Gemini Story Book на відеосцени. За спеціальним промтом із кількома ітераціями можна досягти точного відтворення тексту. Записані відеосцени завантажуються у Canva, що забезпечує для редагування і збереження відео. Хоча все це вимагає додаткових зусиль порівняно з автоматизованою конверсією, воно забезпечує математичну точність у нарації та оптимальну синхронізацію між візуальними та аудіо-елементами.

Інтеграція в педагогічну практику включає кілька модальностей для врахування різних переваг навчання та ситуацій. Цифрові версії, створені за допомогою

Gemini Story Book, дозволяють індивідуальне читання на планшетах або комп'ютерах, підтримується персоналізований темп та повторний доступ. Друковані версії книжок Gemini Story Book полегшують традиційне читання книг, зберігають корисний досвід спільного читання батька та дитини. Проєктовані відеOVERSII, створені за допомогою Grok, працюють добре для навчання всього класу, дозволяючи фасилітоване вчителем обговорення подій історії та математичних понять. Цей мультимодальний підхід також збалансовує занепокоєння щодо часу перед екраном, забезпечуючи, що цифрові казки доповнюють, а не замінюють традиційні досвіди читання.

Статистично значуща перевага Gemini Story Book пояснюється інтегрованим workflow, що мінімізує технічні бар'єри та когнітивне навантаження для педагогів. Критична неточність нарації Grok відображує фундаментальну проблему автоматизованих text-to-speech систем без людського контролю якості. Для математичної освіти, де точність математичної мови є критичною, ця ненадійність є такою, що дискваліфікує.

Дрейф математичного контенту в Notebook LM вказує на обмеження загальних AI-платформ для спеціалізованих освітніх цілей. Системи, треновані на широкому корпусі тексту, можуть надавати пріоритет наративній захопливості над математичною точністю, якщо не реалізовані спеціалізовані механізми контролю.

Розроблений п'ятиетапний workflow максимізує синергію AI-ефективності та педагогічної експертизи: 1) педагогічне планування цілей та дизайн передумови з використанням Claude; 2) генерація через Gemini Story Book з ітеративним промпт-інженерингом; 3) експорт PDF/аудіо для мультимодального використання; 4) створення відео: генерація сценарію відео за допомогою Gemini та опціональне ручне створення відео кожної сцени для гарантування точності у Grok; з'єднання відео сцен та редагування відео у Canva; 5) інтеграція в урок з дискусійними питаннями, розширювальними активностями та моніторингом реакцій учнів.

Висновки. Це експериментальне дослідження AI-керованого цифрового сторітелінгу для профілактики математичної тривожності дає підстави для загальних висновків. По-перше, поточні технології генеративного AI, зокрема Gemini Story Book, надають життєздатні інструменти для створення педагогічно доречних математичних казок. Платформа успішно генерує ілюстровані книжки з інтегрованою нарацією, що відповідають стандартам якості для

освітнього використання, коли керуються добре створеними промптами, що відображають надійні педагогічні принципи. Це представляє значний практичний прогрес, дозволяючи окремим учителям створювати кастомізовані математичні наративи, узгоджені з їхньою навчальною програмою, без витрачання додаткового часу або художніх навичок.

По-друге, не всі AI-платформи працюють однаково добре для створення освітнього контенту, з критичними відмінностями, що з'являються в математичній точності, наративній когерентності та якості виходу. Неточність нарації Grok та тенденція Notebook LM до дрейфу контенту ілюструють, що інструменти AI загального призначення можуть вимагати спеціалізованої адаптації для освітніх застосувань, де точність та педагогічна доречність не можуть бути скомпрометовані. Ці знахідки припускають як можливості, так і застереження для розвитку освітніх технологій, вказуючи, що спеціально побудовані освітні інструменти AI, що включають доменно-специфічні контролі якості, можуть надавати вищі результати порівняно з адаптацією загальних інструментів.

Дослідження встановлює, що Gemini Story Book є найбільш ефективною платформою для створення математичних казок через інтегрований workflow ($M=2.7/3.0$ за математичною точністю), високу візуальну якість та надійність (95% успішності). Автоматизована відеогенерація Grok непридатна через критичні проблеми з точністю нарації. Notebook LM може служити допоміжним інструментом, але не для фінального виробництва.

По-третє, оптимальна реалізація вимагає гібридних підходів, що поєднують ефективність AI з людською експертизою. AI-платформи переважають у швидкій генерації ілюстрацій та базових наративних структур, драматично зменшуючи час та технічні бар'єри для створення візуальних освітніх матеріалів. Однак людський нагляд залишається необхідним для забезпечення математичної точності, розв'язково доречної складності, культурної чутливості та узгодження зі специфічними цілями навчання. Найбільш обнадійливий шлях вперед позиціонує педагогів як архітекторів історії, що надають педагогічну експертизу, тоді як AI служить асистентом виробництва, що обробляє трудомісткі креативні та технічні завдання.

По-четверте, цифрові казки вирішують математичну тривожність через кілька доказово обґрунтованих психологічних та когнітивних механізмів, включаючи ідентифікацію з персонажами, що моделюють продуктивну боротьбу, психологічну безпеку

через наративну дистанцію, побудову множинних репрезентацій, що підтримують різноманітні шляхи навчання, формування позитивних емоційних асоціацій та моделювання метакогнітивних стратегій. Ці механізми узгоджуються зі встановленими теоретичними рамками в психології розвитку, нейронауці та освітніх дослідженнях, припускаючи, що цифрові казки представляють теоретично обґрунтовані втручання, а не просто технологічні новинки.

Нарешті, успішна інтеграція цифрового сторителінгу в математичній освіті вимагає обдуманого балансу між використанням можливостей технологій та збереженням переваг традиційного сторителінгу. Цифрова спрямованість покоління Альфа створює можливості для мультимедійної залученості, але також ризики фрагментації уваги та зменшеного уявного простору. Найбільш ефективний підхід містить цифрові елементи як покращення до основних наративних та педагогічних функцій, а не заміни, підтримуючи психологічну глибину та емоційний резонанс, які роблять казки терапевтично потужними, адаптуючи представлення до когнітивної екології сучасних дітей.

Для математичної освіти важливо, що ці знахідки вказують на майбутнє, де персоналізовані, емоційно підтримувальні навчальні матеріали стають доступними у масштабі завдяки допомозі AI. Замість того, щоб кожна дитина стикалася з ідентичними проблемами підручника незалежно від їхніх тривожностей, інтересів або культурних фонів, адаптивні системи могли б генерувати кастомізовані наративи, що вирішують індивідуальні потреби. Однак реалізація цього потенціалу вимагає безперервного розвитку освітніх AI-систем, що надають пріоритет педагогічній доречності поряд із технічною здатністю, постійних досліджень, що підтверджують ефективність через суворі експериментальні дослідження, та професійного розвитку, що підтримує педагогів в ефективній інтеграції цих інструментів у практику.

Проведене дослідження має низку обмежень, що вказують на необхідні майбутні дослідження. Найбільш значуще, що оцінка спиралася на експертне судження згенерованих матеріалів, а не на емпіричне тестування з цільовими учнями. Хоча ми можемо оцінити, чи відповідають історії педагогічним критеріям, ми ще не можемо визначити їхню фактичну ефективність у зменшенні математичної тривожності або покращенні результатів навчання. Суворі експериментальні дослідження, що порівнюють класи, де використовуються цифрові математичні казки, із контрольними класами,

що використовують традиційне навчання, представляють необхідний наступний крок для встановлення освітньої ефективності.

До обмежень відносимо expert-based design evaluation study, що встановлює необхідну, але недостатню умову для освітньої ефективності та малий розмір вибірки (n=12) вимагає обережної генералізації.

Швидка еволюція AI-технологій означає, що специфічні можливості та обмеження платформ, ідентифіковані тут, можуть суттєво змінитися протягом місяців. Gemini Story Book може вирішити поточні слабкості, Grok міг би покращити точність нарації, або повністю нові платформи могли б з'явитися, пропонуючи вищі та кращі можливості, ніж зараз. Тому знахідки повинні розумітися як знімок поточного технологічного ландшафту, а не остаточних оцінок. Безперервний моніторинг та переоцінка, оскільки платформи

еволюціонують, будуть необхідними для підтримання поточного практичного керівництва.

Перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Культурне та лінгвістичне різноманіття отримало обмежену увагу в цьому початковому дослідженні. Історії були розроблені українською мовою, залишаючи питання про продуктивність платформи через неоднакові мови та культурні контексти. Майбутні дослідження повинні систематично досліджувати, як різні AI-платформи обробляють інші мови, чи згенерований контент відображає культурне різноманіття в персонажах та налаштуваннях, як історії можуть бути доречно локалізовані для різних освітніх контекстів, зберігаючи математичну та педагогічну цілісність.

Фінансування / Funding

Дослідження не отримало зовнішньої фінансової підтримки / The research received no external financial support.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Дані та матеріали, використані та проаналізовані в дослідженні, доступні у автора за обґрунтованим запитом / The data and materials used and analyzed in the study are available from the authors upon reasonable request.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Немає конфлікту інтересів / There is no competing interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

Генеративний штучний інтелект не застосовувався / Generative Artificial Intelligence was not used.

Список використаних джерел

- Amunts, K., Kedo, O., Kindler, M., Pieperhoff, P., Mohlberg, H., Shah, N. J., Habel, U., Schneider, F., & Zilles, K. (2005). Cytoarchitectonic Mapping of the Human Amygdala, Hippocampal Region and Entorhinal Cortex: Intersubject Variability and Probability Maps. *Anatomy and embryology*, 210(5-6), 343-352. <https://doi.org/10.1007/s00429-005-0025-5>
- Arnsten, A. F. T. (2009). Stress Signalling Pathways that Impair Prefrontal Cortex Structure and Function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410-422. <https://doi.org/10.1038/nrn2648>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181-185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The Relationships Among Working Memory, Math Anxiety, and Performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224-237. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working Memory, Math Performance, and Math Anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 243-248. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03194059>
- Bettelheim, B. (2010). *The Uses of Enchantment: The Meaning and Importance of Fairy Tales*. Vintage BOOKS.
- CAST (2018). *Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2*. <http://udlguidelines.cast.org>

- Furner, J. M. (2017). Using Fairy Tales and Children's Literature in the Math Classroom: Helping All Students Become Einstein's in a STEM World. *Journal of Advances in Education Research*, 2(2), 102–112. <https://dx.doi.org/10.22606/jaer.2017.22006>
- Geist, E. (2010). The Anti-anxiety Curriculum: Combating Math Anxiety in the Classroom. *Journal of Instructional Psychology*, 37(1), 24–31. https://www.researchgate.net/publication/281089312_The_Anti-Anxiety_Curriculum_Combating_Math_Anxiety_in_the_Classroom
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). Mathematics Education for Young Children: What It is and How to Promote It. *Child Policy Nexus*, 22(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/j.2379-3988.2008.tb00054.x>
- Gómez-Martín, M., Prieto-Andreu, J.-M., & Álvarez-Kurogi, L. (2025). Narrativa vs. Narrativa Digital en Educación Primaria y Secundaria. Revisión sistemática. *Ocnos*, 25(1). https://doi.org/10.18239/ocnos_2026.25.1.574
- Gunderson, E. A., Park, D., Maloney, E. A., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2018). Reciprocal Relations Among Motivational Frameworks, Math Anxiety, and Math Achievement in Early Elementary School. *Journal of Cognitive and Development*, 19(1), 21–46. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1421538>
- Irmayanti, M., Chou, L.F., & Anuar, N.N.b.Z. (2025). Storytelling and Math Anxiety: a Review of Storytelling Methods in Mathematics Learning in Asian Countries. *European Journal of Psychology of Education*, 40, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00927-1>
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. *Cerebral Cortex*, 22(9), 2102–2110. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr289>
- Mayer, R. E. (2014). *Computer Games for Learning: An Evidence-based Approach*. MIT Press.
- Nicolopoulou, A. (2008). The Elementary Forms of Narrative Coherence in Young Children's Storytelling. *Narrative Inquiry*, 18(2), 299–325. <https://doi.org/10.1075/ni.18.1.07nic>
- Passolunghi, M. C., Caviola, S., De Agostini, R., Perin, C., & Mammarella, I. C. (2016). Mathematics Anxiety, Working Memory, and Mathematics Performance in Secondary-school Children. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00042>
- Passolunghi, M. C., De Vita, C., & Pellizzoni, S. (2020). Math Anxiety and Math Achievement: The Effects of Emotional and Math Strategy Training. *Developmental Science*, 23(6). <https://doi.org/10.1111/desc.12964>
- Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children* (M. Cook, Trans.). W.W. Norton & Company. <https://doi.org/10.1037/11494-000>
- Ramirez, G., Chang, H., Maloney, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2016). On the Relationship between Math Anxiety and Math Achievement in Early Elementary School: The Role of Problem Solving Strategies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 83–100. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.014>
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math Anxiety, Working Memory, and Math Achievement in Early Elementary School. *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187–202. <https://doi.org/10.1080/15248372.2012.664593>
- Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math Anxiety: Past Research, Promising Interventions, and a New Interpretation Framework. *Educational Psychologist*, 53(3), 145–164. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>
- Skvortsova, S., Symonenko, T., Nichugovska, L., & Romanyshyn, R. (2021, November 8–9). Clip Thinking of Modern Pupils / Students: Observations of Teachers of Ukraine. In *ICERI 2021, Proceedings of the 14th annual International Conference of Education, Research and Innovation* (pp. 2223–2230). IATED. <https://library.iated.org/view/SKVORTSOVA2021CLI>
- Sweller, J. (2020). Cognitive Load Theory and Educational Technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Ultimate Guide to Math Storytelling for Problem Solving*. (2025, August 20). FUNEXPECTED. <https://funexpecteddapps.com/en/blog-posts/ultimate-guide-to-math-storytelling-for-problem-solving>
- Wu, J., & Chen, D. T. V. (2020). A Systematic Review of Educational Digital Storytelling. *Computers & Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103786>
- Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The Neurodevelopmental Basis of Math Anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0956797611429134>

References

- Amunts, K., Kedo, O., Kindler, M., Pieperhoff, P., Mohlberg, H., Shah, N. J., Habel, U., Schneider, F., & Zilles, K. (2005). Cytoarchitectonic Mapping of the Human Amygdala, Hippocampal Region and Entorhinal Cortex: Intersubject Variability and Probability Maps. *Anatomy and embryology*, 210(5–6), 343–352. <https://doi.org/10.1007/s00429-005-0025-5>
- Arnsten, A. F. T. (2009). Stress Signalling Pathways that Impair Prefrontal Cortex Structure and Function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410–422. <https://doi.org/10.1038/nrn2648>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>

- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The Relationships Among Working Memory, Math Anxiety, and Performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224–237. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working Memory, Math Performance, and Math Anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 243–248. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03194059>
- Bettelheim, B. (2010). *The Uses of Enchantment: The Meaning and Importance of Fairy Tales*. Vintage BOOKS.
- CAST (2018). *Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2*. <http://udlguidelines.cast.org>
- Furner, J. M. (2017). Using Fairy Tales and Children's Literature in the Math Classroom: Helping All Students Become Einstein's in a STEM World. *Journal of Advances in Education Research*, 2(2), 102–112. <https://dx.doi.org/10.22606/jaer.2017.22006>
- Geist, E. (2010). The Anti-anxiety Curriculum: Combating Math Anxiety in the Classroom. *Journal of Instructional Psychology*, 37(1), 24–31. https://www.researchgate.net/publication/281089312_The_Anti-Anxiety_Curriculum_Combating_Math_Anxiety_in_the_Classroom
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). Mathematics Education for Young Children: What It is and How to Promote It. *Child Policy Nexus*, 22(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/j.2379-3988.2008.tb00054.x>
- Gómez-Martín, M., Prieto-Andreu, J.-M., & Álvarez-Kurogi, L. (2025). Narrativa vs. Narrativa Digital en Educación Primaria y Secundaria. Revisión sistemática. *Ocnos*, 25(1). https://doi.org/10.18239/ocnos_2026.25.1.574
- Gunderson, E. A., Park, D., Maloney, E. A., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2018). Reciprocal Relations Among Motivational Frameworks, Math Anxiety, and Math Achievement in Early Elementary School. *Journal of Cognitive and Development*, 19(1), 21–46. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1421538>
- Irmayanti, M., Chou, L.F., & Anuar, N.N.b.Z. (2025). Storytelling and Math Anxiety: a Review of Storytelling Methods in Mathematics Learning in Asian Countries. *European Journal of Psychology of Education*, 40, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00927-1>
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. *Cerebral Cortex*, 22(9), 2102–2110. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr289>
- Mayer, R. E. (2014). *Computer Games for Learning: An Evidence-based Approach*. MIT Press.
- Nicolopoulou, A. (2008). The Elementary Forms of Narrative Coherence in Young Children's Storytelling. *Narrative Inquiry*, 18(2), 299–325. <https://doi.org/10.1075/ni.18.1.07nic>
- Passolunghi, M. C., Caviola, S., De Agostini, R., Perin, C., & Mammarella, I. C. (2016). Mathematics Anxiety, Working Memory, and Mathematics Performance in Secondary-school Children. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00042>
- Passolunghi, M. C., De Vita, C., & Pellizzoni, S. (2020). Math Anxiety and Math Achievement: The Effects of Emotional and Math Strategy Training. *Developmental Science*, 23(6). <https://doi.org/10.1111/desc.12964>
- Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children* (M. Cook, Trans.). W.W. Norton & Company. <https://doi.org/10.1037/11494-000>
- Ramirez, G., Chang, H., Maloney, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2016). On the Relationship between Math Anxiety and Math Achievement in Early Elementary School: The Role of Problem Solving Strategies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 83–100. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.014>
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math Anxiety, Working Memory, and Math Achievement in Early Elementary School. *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187–202. <https://doi.org/10.1080/15248372.2012.664593>
- Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math Anxiety: Past Research, Promising Interventions, and a New Interpretation Framework. *Educational Psychologist*, 53(3), 145–164. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>
- Skvortsova, S., Symonenko, T., Nichugovska, L., & Romanyshyn, R. (2021, November 8-9). Clip Thinking of Modern Pupils / Students: Observations of Teachers of Ukraine. In *ICERI 2021, Proceedings of the 14th annual International Conference of Education, Research and Innovation* (pp. 2223–2230). IATED. <https://library.iated.org/view/SKVORTSOVA2021CLI>
- Sweller, J. (2020). Cognitive Load Theory and Educational Technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Ultimate Guide to Math Storytelling for Problem Solving. (2025, August 20). FUNEXPECTED. <https://funexpectedapps.com/en/blog-posts/ultimate-guide-to-math-storytelling-for-problem-solving>
- Wu, J., & Chen, D. T. V. (2020). A Systematic Review of Educational Digital Storytelling. *Computers & Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103786>
- Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The Neurodevelopmental Basis of Math Anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0956797611429134>