8. Kukh A.M., Kukh O.M. Svitohliadno-tsinnisni aspekty STEM-osvity. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiienka. Seriia pedahohichna.* Vyp. 29. 2023. S. 118–123.
9. Liashenko O.I. Vzaiemozviazok teoretychnoho ta empirychnoho v navchanni fizyky: dys.... d-ra ped. nauk: 13.00.04, 13.00.02 / APN Ukrainy. Kyiv, 1996. 442 s.
10. Herr D.J.C., Akbar B., Brummet J., Flores S., Gordon A., Gray B., Murday J. Convergence education – an international perspective. *Journal of Nanoparticle Research.* 2019. No. 21, 229. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-019-4638-7#Sec3
11. Nova ukrainska shkola. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy: veb-sait. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf
12. Nicolescu B. Transdisciplinarity – Theory and Practice. Hampton Press, Cresskill, NJ, USA, 2008. 320 p.
13. Opachko M.V. Dydaktychnyi menedzhment u metodychnii pidhotovtsi suchasnoho vchytelia fizyky: monohrafiia. Uzhhorod: TOV “RIK-U”, 2017. 350 s.
14. Svit innovatsiinykh mozhlyvostei: aktualni pytannia rozvytku STEM-osvity: kolektyvna monohrafiia / za zah. red. O.Ye. Stryzhaka, Yu.I. Zavalevskoho. Kyiv, 2023. 254 s.
15. Shut M.I., Blahodarenko L.Yu., Sichkar T.H. Multydystsyplinarnyi pidkhid yak holovna umova efektyvnoi realizatsii suchasnoi modeli pryrodnycho-naukovoï osvity v Ukraini. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiienka. Seriia pedahohichna*. Vyp. 29. 2023. S. 52–55.
16. Shut M.I., Blahodarenko L.Yu., Sichkar T.H. Pershocherhovi tsili ta zavdannia na shliakhu realizatsii intehratyvnoi modeli pryrodnycho-naukovoï ta tekhnichnoi osvity. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiienka. Seriia pedahohichna.* Vyp. 28. 2022. S. 32–35.

Отримано: 2.11.2025

УДК378.018.8 DOI: 10.32626/2307-4507.2025-31.122-126

Валентина ДАРМОСЮК[1], Альона ДИНИЧ[2], Олексій ЗЕЛЕНСЬКИЙ[3], Юрій СМОРЖЕВСЬКИЙ[4]

[1]*Чорноморський національний університет імені Петра Могили*
[2]*ТОВ “Фаховий передвищий коледж Оптіма Україна”, м. Київ*
[3, 4]*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка*

e-mail: [1]darmosiuk@gmail.com, [2]alona.dynych@gmail.com, [3]zelenskyi@kpnu.edu.ua, [4]smorzhevskyi@kpnu.edu.ua;
ORCID: [1]0000-0003-3275-8249, [2]0000-0003-4592-5843, [3]0000-0002-4969-0132, [4]0000-0001-9832-3390

УЧНЕЦЕНТРИЧНА МАН-РОБОТА: ВІД ЦІКАВОЇ ТЕМИ ДО ВІДТВОРЮВАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ (НА ПРИКЛАДАХ КОМБІНАТОРИКИ Й ТЕОРІЇ ГРАФІВ)

Анотація. У статті обґрунтовано учнецентричний підхід до підготовки МАН-робіт з математики, який поєднує правильний вибір теми з доведенням результатів до відтворюваного стану. Запропоновано чіткі критерії добору теми (зрозумілість для учня, можливість алгоритмізації, візуалізованість, досяжна наукова новизна, практична застосовність) і продемонстровано, як перетворити їх на покрокову дослідницьку траєкторію: від постановки задачі та компактного огляду літератури до прототипування коду, обчислювальних експериментів, інтерпретації та підготовки рукопису й захисту. Окремий акцент зроблено на типах новизни, реалістичних для рівня МАН: побудова нових каталогів і меж для малих параметрів, алгоритмічні покращення та валідація відомих гіпотез на нових діапазонах, причому всі кроки супроводжуються прозорими метриками успіху.

З урахуванням проаналізованих робіт запропоновано мінімальний стандарт відтворюваності саме для математичної МАН-роботи: однозначні означення й позначення; чітко виписані припущення, твердження та межі застосовності; наведені приклади/контрприклади; таблиці з параметрами перевірок і короткий опис процедури перевірки коректності обчислень і побудов (які кроки виконано, за якими критеріями зупинялись, як здійснювався підрахунок). Візуалізації виконують доказову, а не декоративну функцію: «ключова фігура» має самодостатній підпис і може бути відтворена за описаною послідовністю кроків (схеми перших (других) околиць у графах; карти покриття пар у лотерейних задачах; порівняльні діаграми між простим підрахунком і вдосконаленою побудовою). Додано коротку оцінювальну рубрику для учня, керівника й журі, що фокусує увагу на актуальності, новизні, коректності доведень/побудов, відтворюваності та якості ілюстрацій. Підхід ілюструється двома репрезентативними кейсами з дискретної математики. Перший – «гіпотеза Сеймура (задача другої околиці)»: на основі властивостей можливих контрприкладів (щільність, діаметр ≥ 3, штрафна функція, еквівалентність вершинно-зваженої версії) показано, як звузити простір пошуку, формалізувати умови відсікання можливих контрприкладів і побудувати наочні візуалізації околиць. Другий – «комбінаторні покриття для лотерей»: продемонстровано алгоритмічне конструювання накриттів і узгодження верхніх та нижніх меж (зокрема, на реалістичних параметрах наприклад 6-із-36), що дає змогу строго обґрунтовувати оптимальні рішення та перевіряти їх валідаторами. Обидва приклади показують, як досягти балансу між доступністю й науковою новизною, забезпечити відтворюваність і підготувати результати до фахових публікацій та успішного захисту.

Ключові слова: МАН, учнецентричність, комбінаторика, теорія графів, наукова новизна, відтворюваність, візуалізація, наукове письмо, покривні дизайни.

Вступ. Конкурс-захист МАН України формує в старшокласників дослідницьке мислення, академічну культуру та навички наукової комунікації. Водночас значна частина робіт із математики страждає від невдалого вибору тем: надто абстрактні напрями ускладнюють розуміння та звужують простір для власного внеску. Українські методичні публікації наголошують на потребі логічної структури, чіткості формулювань, релевантного огляду літератури та прозорої демонстрації результатів [2]. Класичні орієнтири наукового й математичного письма підсилюють ці вимоги, підкреслюючи ясність аргументації, послідовність побудови рукопису та якість візуалізацій [5].

Дві успішні учнівські роботи демонструють, як близька учневі тема може еволюціонувати у фахові публікації зі справжньою новизною та відтворюваними результатами. У науковій роботі МАН Іллі Наливайка, присвяченій гіпотезі Сеймура (задача другої околиці), одержано нові наукові результати**:** якщо існує хоча б один контрприклад до гіпотези, то існує безліч сильно зв'язних контрприкладів довільної густини та з будь-яким діаметром не менше 3; отже, досить розв'язати випадок діаметра 3. У прикладній комбінаториці сформульовано й розв'язано задачі покриття для лотерей: побудовано оптимальні/поліпшені накриття та отримано строгі нижні й верхні межі для конкретних параметрів, причому всі конструкції піддаються автоматичній перевірці валідаторами [1]. Обидва сюжети зрозумілі за змістом, алгоритмізуються та добре візуалізуються, тому є зручними носіями для учнівської новизни.

Проблема полягає у розриві між цікавою ідеєю та формально підтвердженою новизною, яку може повторити незалежний читач. У практиці захистів це виявляється як компілятивні огляди без власного внеску, тексти без чіткої метрики успіху, відсутність коду/даних/логів запусків і рисунки як декор, а не частина доказовості [2]. Потрібен підхід, що з'єднує близькість теми до досвіду учня, можливість алгоритмізації, якісну візуалізацію та досяжну наукову новизну.

Мета статті – запропонувати учнецентричну рамку підготовки якісної МАН-роботи з математики, яка поєднує зрозумілу постановку, відтворювані обчислення та публікаційну придатність. Ми формулюємо критерії вибору теми (зрозумілість, алгоритмізація, візуалізованість, новизна, застосування) з опорою на українські джерела та міжнародні настанови з наукового викладу; пропонуємо мінімальний стандарт відтворюваності (структура репозиторію, контроль випадковості, логи запусків, опис середовища) і трактуємо «ключову фігуру» як елемент доказовості, а не ілюстративний додаток [5, 9]. Запропоновані принципи конкретизуємо на двох кейсах: гіпотеза Сеймура (структурні редукції, густина, діаметр) та комбінаторні покриття для лотерей (оптимальні/поліпшені конструкції й межі).

Очікуваним результатом є практичний набір інструментів для учня й керівника: чек-лист вибору теми й типів досяжної новизни, шаблон репозиторію коду з інструкціями для відтворення, вимоги до фігур і коротка публікаційна стратегія. Такий підхід узгоджує українські вимоги МАН із міжнародними стандартами комунікації результатів і підсилює шанси роботи

Методика підготовки якісної МАН-роботи **з** математики спирається на просту, але вимогливу ідею: тема має бути настільки зрозумілою учневі, щоб її можна було переформулювати «своїми словами», перетворити на точну дослідницьку задачу з вимірюваною метрикою успіху, реалізувати в коді та пояснити за допомогою однієї-двох «ключових фігур». У практиці це означає послідовність кроків: від короткої мотивації – до формальної постановки, від прототипів алгоритмів – до відтворюваних результатів і придатного до публікації рукопису. Українські джерела про роботу МАН підкреслюють потребу логічної структури, чіткості формулювань і коректної роботи з літературою; їх доцільно брати за рамку для «скелета» роботи (вступ, огляд, постановка, методика, результати, висновки). Класичні поради з наукового письма допомагають уникнути «розмитих» абзаців та нечитабельних рисунків і підштовхують до чіткої аргументації, мінімалізму й прозорості викладу.

Критерії вибору теми працюють як фільтр у визначеній послідовності. Спершу – зрозумілість: учень повинен уміти сформулювати «що я досліджую і як дізнаюся, що досяг прогресу» без спеціальної нотації. Далі – алгоритмізація: чи існує перебір, евристика або модель, яку реально запрограмувати за 1–3 тижні навчального темпу. Далі – візуалізація: чи можна зробити «ключову фігуру», яка передає головну ідею та підсумковий висновок (у дискретній математиці це зазвичай схеми околиць, каталоги малих об'єктів, теплокарти покриттів). Наступний критерій – досяжна новизна: що саме буде новим – нові каталоги (межі) для малих параметрів, покращений алгоритм, підтвердження відомої гіпотези на новому діапазоні.

Завершує фільтрацію практична застосовність: чи має тема «живе» читання (наприклад, лотереї, мережі, розклади), що підсилює мотивацію учня та аудиторії. Показовими є дві МАН-роботи, які переросли у фахові публікації: у дослідженні гіпотези Сеймура структурні редукції звужують простір пошуку контрприкладів і наочно подаються через схеми перших (других) околиць; у задачах про комбінаторні покриття для лотерей метрика успіху – мінімальна кількість білетів – чітко вимірюється, перевіряється валідатором і узагальнюється в таблицях та підсумкових графіках [1].

На рівні методики важливо від початку закладати відтворюваність математичних результатів. Для цього слід уніфікувати означення та позначення; чітко формулювати припущення, леми, теореми й наслідки та наводити завершені докази або точні посилання; описувати побудови крок за кроком так, щоб незалежний читач міг повторити конструкції й підрахунки. Доречно додавати контрольні приклади й контрприклади на малих параметрах, таблиці перевірених випадків і короткі протоколи верифікації (подвійний підрахунок, інваріанти, оцінки зверху (знизу), еквівалентні формулювання). Варто фіксувати логіку розгалужень у доказах (case-by-case), позначати необхідні й достатні умови, а «ключову фігуру» подавати як частину доказу з правилами її відтворення за означеннями. Якщо залучаються обчислювальні перевірки, стисло пояснити математичну ідею, перелік параметрів і критерії зупинки, а результати подати у вигляді таблиць і коротких пояснень. Така організація робить висновки простежуваними від формулювання до доказу та ілюстрацій і відповідає сучасним уявленням про відтворюваність досліджень [10].

Алгоритмічна складова (якщо її залучають) має виконувати допоміжну роль: допомогти учневі побачити закономірність, сформулювати або попередньо перевірити гіпотезу. Вона не є обов'язковою і не замінює математичного змісту. Базовий принцип – починати з найпростішого коректного підходу до міркувань, який за потреби можна поступово деталізувати.

Для дослідження гіпотези Сеймура доцільно почати з чітких означень $N^{+}(v)$ та $N^{++}(v)$, невеликих показових прикладів орграфів без циклів довжини два і лем про першу та другу околиці та діаметр; далі – описати більш складні контструкції наприклад, багаторівневі графи і обґрунтувати критерії відсікання потенційних контрприкладів. Для комбінаторних покриттів у лотерейних моделях природно поєднати конструктивні верхні межі із нижніми межами через подвійний підрахунок або інваріанти; на реалістичних параметрах (типу 6-із-36) бажано звести обидві оцінки до рівності або вузького проміжку.

Усі кроки варто супроводжувати лаконічними математичними ілюстраціями: для графів – схемами перших/других околиць і зразками побудов; для лотерей – таблицями інцидентностей або компактними підсумковими діаграмами. Візуалізації мають відповідати правилам: достатній контраст, зрозумілі підписи й масштаби, читабельний шрифт, самодостатній підпис під рисунком. Якщо використовувалась обчислювальна підтримка, досить стисло описати математичну процедуру перевірки (що саме перераховували, які параметри й критерії зупинки)

Окремо слід формалізувати особистий внесок. У тексті прямо й стисло зазначайте, що саме зробив учень: розширив діапазон перевірок з $n \leq n_0$ до $n \leq n_1$; запропонував евристику, що зменшила кількість блоків; побудував новий каталог або довів відсутність контрприкладів у визначеному класі. Такий підхід узгоджується з українськими методичними вимогами та традиціями наукового письма, де авторство окреслюється через чітко описані дії й отримані результати. Розглянуті МАН-кейси це добре ілюструють: у першому – структурні наслідки для потенційних контрприкладів (густина, діаметр), у другому – оптимальні чи покращені значення $F(n, k)$ на практично важливих параметрах [1].

Нарешті, слід заздалегідь думати про публікаційну придатність. Добре написана МАН-робота не конфліктує з форматом фахового збірника: текст стислий, абзаци змістовні, рисунки відтворювані, є коротка англомовна анотація та акуратна бібліографія. Наявність фахових публікацій або поданих тез за мотивами роботи – сильний плюс на захисті, бо відображає зовнішню рецензію новизни та методики [1]. У підсумку методика зводиться до практичного набору правил: обирати теми, що «резонують» з досвідом учня; формулювати чіткі метрики; будувати найпростіші коректні алгоритми; забезпечувати повну відтворюваність; показувати ідеї через одну «ключову фігуру»; лаконічно фіксувати особистий внесок і підтримувати стиль наукового письма. Такий підхід узгоджує українські вимоги МАН із міжнародними стандартами дослідницької комунікації і робить результат не лише переконливим на захисті, а й придатним для ширшого наукового обігу на успіх завдяки верифікації новизни, відтворюваності та якості оформлення.

Розглянемо реалізації підходу в дискретній математиці, як учнецентричний підхід працює на двох репрезентативних сюжетах із дискретної математики. Обидва приклади побудовані так, щоб учень розумів постановку «своїми словами», мав прозору метрику успіху, міг реалізувати базові алгоритми та показати результат через одну «ключову фігуру». Ми зосереджуємося не лише на ідеях, а й на відтворюваності: уніфіковані означення й позначення, повні формулювання припущень і тверджень, покрокові побудови та підрахунки, а також таблиці перевірених випадків і правила верифікації мають дати незалежному читачеві змогу отримати ті самі твердження, оцінки й числові підсумки [10].

Перший сюжет пов'язаний із задачею «другої околиці» у направлених графах (гіпотеза Сеймура). У заданому орграфі без -циклів довжини два, для вершини v позначимо через $N^{+}(v)$ множину її перших вихідних сусідів, а через $N^{++}(v)$ – других. Гіпотеза Сеймура стверджує, що існує вершина із $|N^{++}(v)| \geq |N^{+}(v)|$. Навіть якщо залишити саму гіпотезу відкритою, для учнівського проєкту достатньо чітко сформулювати вимірювану мету: звузити простір пошуку можливих контрприкладів і відтворити ключові структурні наслідки. У фаховій нотатці показано, що якби контрприклад існував, то можна побудувати сильно зв'язні контрприклади довільної густини та будь-якого діаметра ≥ 3; отже, доведення випадку діаметра 3 мало б вирішальний характер для всього твердження [11]. Для шкільного рівня це зручно, бо дозволяє сфокусувати експерименти на скінченній меті: генерувати маленькі сімейства орграфів, перевіряти відсутність 2-циклів, рахувати $N^{+}(v)$ і $N^{++}(v)$ та обчислювати діаметр пошуком у ширину. Далі доречно вводити керовані параметри побудови, які варіюють густину, і прості критерії «відсікання» кандидатів на кшталт штрафної функції. «Ключова фігура» для цього сюжету – пара рисунків: схематичні перші/другі околиці та крива залежності густини від параметра побудови; обидва рисунки генеруються з коду і супроводжуються самодостатніми підписами.

Другий сюжет – комбінаторні покриття для задач про лотереї. Формально, для n чисел і білета з 6 числами шукається мінімальна кількість білетів $F(n, k)$, щоб за випадання k кульок хоча б в одному білеті було не менше двох збігів. Проблема має природну метрику та прикладне читання (ігрові системи, тестове покриття), добре алгоритмізується і легко валідовується. У фаховій публікації, що виросла з учнівського дослідження, показано, зокрема, що $i(36,2) = 42$ через точний підрахунок пар і явну конструкцію покриття, а також доведено $F(36,6) = 9$ шляхом узгодження верхніх меж, отриманих конструкціями, з нижніми межами комбінаторного характеру [1]. Для учнівського проєкту достатньо почати з жадібного наближення до задачі розбиття на множини (set cover), додати прості локальні перестановки, забезпечити валідатор покриттів і вимірювати прогрес кількістю покритих пар. «Ключова фігура» тут – карта покриття всіх пар і графік накопичення покритих пар у процесі додавання білетів; обидві фігури також будуються скриптами з репозиторію.

Обидва кейси підкреслюють спільні риси якісної МАН-роботи. Постановка подається стисло і без надлишкової нотації; метрика успіху вказана наперед і є перевірюваною; алгоритмічна частина стартує з найпростішого коректного рішення, яке можна поступово ускладнювати; фігури мають доказову роль і відтворюються з коду; усі артефакти зберігаються так, щоб інший читач міг повторити результати. Внутрішня логіка цих прикладів узгоджується з українськими методичними настановами щодо дослідницьких робіт і з міжнародними рекомендаціями з наукового письма, структурованості та відтворюваності.

Порівняння сюжетів виявляє корисний для учня компроміс між доступністю та новизною. У задачі другої околиці новизна має радше структурний характер (редукції, властивості потенційних контрприкладів), але навіть невеликі обчислювальні експерименти з параметрами дають зрозумілий внесок і матеріал для фігур. У лотерейних покриттях новизна виражається в точних межах і конструкціях; тут важливо чітко фіксувати нижні оцінки та перевіряти покриття валідатором, аби уникнути помилок на етапі узагальнення. В обох випадках мінімальний пакет відтворюваності робить результати переконливішими на захисті і полегшує перехід до фахових публікацій [1], [11].

Нарешті, обидва приклади показують, як планувати роботу «від кінця»: спершу продумати, яку однудві фігури ми хочемо побачити у фінальному тексті; від цієї мети відмотати назад алгоритми, дані й експерименти; зафіксувати обчислювальне середовище та початкове значення генератора псевдовипадкових чисел (seed); прописати інструкції для запуску; лише після цього розширювати діапазони параметрів. Така дисципліна економить час, знижує ризик методичних помилок і підвищує зрозумілість для читача та журі. Перехід до наступного розділу логічний: зібрані принципи переведемо в робочий формат підготовки матеріалів до захисту та подання у фаховий збірник.

Розглянемо підготовку до захисту і публікаційну придатність. Фінальний етап МАН-проєкту варто планувати як оформлення результатів у три взаємопов'язані продукти: рукопис, «ключові» ілюстрації та мінімальний набір артефактів відтворюваності. Рукопис має тримати просту логіку: стислий мотив і постановка, короткий огляд релевантних робіт, методика й обчислювальні налаштування, результати з інтерпретацією, висновки з межами застосовності. Добре працює стиль «прозорого абзацу», коли кожен абзац відкривається твердженням і закривається перевірним висновком; це збігається з порадами з наукового письма і робить текст читабельним для журі.

Ілюстрації мають виконувати доказову роль. Перед захистом корисно ще раз переглянути «ключову фігуру»: чи можна зчитати головний висновок без звернення до тексту; чи є шкали, підписи осей, легенда; чи повторюється її побудова з прикладених скриптів. Якщо в роботі є експерименти, доцільно додати одну фігуру, що демонструє стабільність результатів (наприклад, залежність від параметрів алгоритму), та одну, що пояснює механіку побудов (схеми перших/других околиць у гіпотезі Сеймура або карта покриття пар у лотерейних моделях) [1].

Передзахисна вичитка має зняти типові ризики: розмиті визначення, невизначені позначення, змішані одиниці виміру на фігурах, відсутність посилань у місцях, де цитуються відомі факти, і твердження без коротких доказів або посилань. Окремо варто вирівняти бібліографію (єдині правила транслітерації (перекладу) назв журналів, послідовність полів, однакові лапки й тире). Українські методичні джерела радять не перевантажувати огляд літератури й чітко маркувати власний внесок; це зменшує ризик сприйняття роботи як компілятивної.

Усна доповідь має послідовно повторювати рукопис, але ще простішими словами. Корисно мати запасний слайд із чорновою схемою алгоритму та коротким переліком перевірок коректності. Запитання журі зазвичай стосуються меж застосовності, чутливості до параметрів, коректності підрахунків і можливих узагальнень; на всі чотири блоки варто мати по одному чіткому реченню-відповіді з посиланням на фігуру або файл у пакеті відтворюваності. Якщо у роботі є результати, що перетинаються з відомими публікаціями, – відразу назвати, що саме взято як базу, а що додано автором, уникаючи двозначностей.

Публікаційна придатність формується ще до захисту. Для тез достатньо стислої постановки, головного результату і посилання на відкритий репозиторій; для статті – повного опису експериментів і фігур, що генеруються скриптами. Досвід двох кейсів показує, що акуратний шкільний проєкт із прозорою метрикою та валідаторами можна без великих переробок адаптувати до фахових збірників: у задачі другої околиці – це структурні наслідки щодо потенційних контрприкладів, у лотерейних покриттях – точні межі й конструкції на реалістичних параметрах [1]. Наявність таких публікацій підсилює шанси на успіх завдяки зовнішній перевірці новизни, методики і якості подачі.

Етичні моменти варто проговорювати прямо. У тексті доцільно коротко подякувати консультантам і назвати джерела ідей, які були важливими для старту. Важливо відрізняти «натхнення» від «запозичення» та не дублювати фрагменти чужих публікацій без перефразування і точного посилання. Така прозорість відповідає і українській, і міжнародній культурі наукового викладу.

На завершення корисно скласти короткий внутрішній чек-лист: чи зрозуміло сформульована мета і метрика; чи видно особистий внесок; чи вся бібліографія уніфікована. Якщо на всі питання можна відповісти «так», робота готова і до захисту, і до відправлення у профільний збірник. У такому вигляді учнівський проєкт читається без бар'єрів, витримує запитання журі і має шанс залишити по собі не лише диплом, а й корисний для інших артефакт – публікацію або набір відкритих матеріалів.

Висновки. Запропоновано практичну учнецентричну концепцію підготовки МАН-робіт з математики: близька для учня тема, чітка метрика успіху, коректні алгоритми, доказові візуалізації та мінімальний пакет відтворюваності.

Два кейси – гіпотеза Сеймура і комбінаторні покриття для лотерей – показали, як поєднати доступність сюжету з реальною новизною та перевірюваними результатами, придатними до публікації.

Планування публікаційної придатності з перших кроків (структура тексту, "ключові фігури", наукова новизна) підсилює якість захисту і збільшує шанси на перемогу.

Список використаних джерел:

1. Динич А.Ю., Зеленський О.В., Дармосюк В.М., Фенцур М.В., Стремедловський П.С. Комбінаторний аналіз лотерей. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки*. 2023. Вип. 24. С. 64–69.
2. Литвинова С.Г. Використання систем комп'ютерного моделювання для проєктування дослідницьких завдань з математики. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 1(15). С. 83–89.
3. Пихтар М.П. Поетапні дії з формування математичної та дослідницької культури школярів у рамках

Малої академії наук. *Математика в школі*. 2009. № 9. С. 30–33.
4. Тихенко Л. Методика формування творчих здібностей старшокласників у процесі пошуково-дослідницької діяльності в МАН України. *Рідна школа*. 2010. № 10. С. 33–36.
5. Gopen G.D., Swan J.A. The Science of Scientific Writing. *American Scientist*. 1990. 78(6). 550–558.
6. Halmos P.R. How to Write Mathematics. *L'Enseignement Mathématique*. 1970. 16(2). 123–152.
7. Krantz S.G. How to Write Your First Paper. *Notices of the American Mathematical Society*. 2007. 54(11). 1507–1511.
8. Mensh B., Kording K. Ten Simple Rules for Structuring Papers. *PLOS Computational Biology*. 2017. 13(9).
9. Rougier N.P., Droettboom M., Bourne P.E. Ten Simple Rules for Better Figures. *PLOS Computational Biology*. 2014. 10(9).
10. Sandve G.K., Nekrutenko A., Taylor J., Hovig E. Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. *PLOS Computational Biology*. 2013. 9(10).
11. Zelenskiy O., Darmosiuk V., Nalivayko I. A Note on Possible Density and Diameter of Counterexamples to the Seymour's Second Neighborhood Conjecture. *Opuscula Mathematica*. 2021. 41(4). 601–605.

Valentyna DARMOSIUK[1], Aliona DYNYCH[2], Oleksii ZELENSKIY[3], Yuri SMORZHEVSKY[3]

[1]Petro Mohyla Black Sea National University
«Optima professional college», Kyiv
[3]Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University

STUDENT-CENTERED JUNIOR ACADEMY OF SCIENCES (MAN) PROJECT: FROM AN ENGAGING TOPIC TO REPRODUCIBLE RESULTS (EXAMPLES FROM COMBINATORICS AND GRAPH THEORY)

Abstract. Student-centered approach to preparing Junior Academy of Sciences (MAN) projects in mathematics is substantiated, combining sound topic selection with bringing results to a reproducible state.

The paper proposes explicit topic-selection criteria (student comprehensibility, amenability to algorithmic treatment, visualizability, attainable scholarly novelty, practical relevance) and shows how to turn them into a step-by-step research trajectory – from problem formulation and a concise literature review to prototype implementations, computational checks, interpretation, manuscript preparation, and defense. Special emphasis is placed on types of novelty realistic for MAN level: constructing new catalogs and bounds for small parameters, improving algorithms, and validating known hypotheses on new parameter ranges, with all steps accompanied by transparent success metrics.

Building on analyzed works, a minimal reproducibility standard is outlined for mathematical MAN projects: unambiguous definitions and notation; explicit assumptions, statements, and scope; illustrative examples/counterexamples; tables documenting test parameters; and a brief description of verification procedures (which steps were executed, stopping criteria, and counting methods). Visualizations are treated as evidence rather than decoration: a "key figure" carries a self-contained caption and can be reproduced by the stated sequence of steps (e.g., diagrams of first/second neighborhoods in graphs; coverage maps of pairs in lottery problems; comparative plots contrasting naïve enumeration with improved constructions). A concise assessment rubric for students, supervisors, and juries keeps attention on relevance, novelty, correctness of arguments/constructions, reproducibility, and figure quality.

The approach is illustrated by two representative cases in discrete mathematics. First, Seymour's Second Neighborhood Conjecture: using properties of potential counterexamples (density, diameter ≥ 3, penalty-function filters, and the vertex-weighted equivalence) to narrow the search space, formalize pruning conditions, and build informative neighborhood diagrams. Second, combinatorial coverings for lottery problems: demonstrating algorithmic construction of coverings and the alignment of upper and lower bounds (including realistic parameters such as 6-out-of-36), enabling rigorous justification of optimal solutions and independent verification. Both cases show how to balance accessibility with scholarly novelty, ensure reproducibility, and prepare results for peer-reviewed publication and a successful defense.

Key words: Junior Academy of Sciences, student-centered, combinatorics, graph theory, scientific novelty, reproducibility, visualization, scientific writing, covering designs.

References:

1. Dynych A.Yu., Zelenskyi O.V., Darmosiuk V.M., Fentsur M.V., Stremedlovskyi P.S. Kombinatornyi analiz loterei. *Matematychne ta kompiuterne modeliuvannia. Seriia: Fizyko-matematychni nauky*. 2023. Vyp. 24. S. 64–69.
2. Lytvynova S.H. Vykorystannia system kompiuternoho modeliuvannia dlia proiektuvannia doslidnytskykh zavdan z matematyky. *Fizyko-matematychna osvita*. 2018. Vyp. 1(15). S. 83–89.
3. Pykhtar M.P. Poetapni dii z formuvannia matematychnoi ta doslidnytskoi kultury shkoliariv u ramkakh Maloi akademii nauk. *Matematyka v shkoli*. 2009. No. 9. S. 30–33.
4. Tykhenko L. Metodyka formuvannia tvorchykh zdibnostei starshoklasnykiv u protsesi poshukovo-doslidnytskoi diialnosti v MAN Ukrainy. *Ridna shkola*. 2010. No. 10. S. 33–36.
5. Gopen G. D., Swan J.A. The Science of Scientific Writing. *American Scientist*. 1990. 78(6). 550–558.
6. Halmos P.R. How to Write Mathematics. *L'Enseignement Mathématique*. 1970. 16(2). 123–152.
7. Krantz S. G. How to Write Your First Paper. *Notices of the American Mathematical Society*. 2007. 54(11). 1507–1511.
8. Mensh B., Kording K. Ten Simple Rules for Structuring Papers. *PLOS Computational Biology*. 2017. 13(9).
9. Rougier N. P., Droettboom M., Bourne P.E. Ten Simple Rules for Better Figures. *PLOS Computational Biology*. 2014. 10(9).
10. Sandve G.K., Nekrutenko A., Taylor J., Hovig E. Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. *PLOS Computational Biology*. 2013. 9(10).
11. Zelenskiy O., Darmosiuk V., Nalivayko I. A Note on Possible Density and Diameter of Counterexamples to the Seymour's Second Neighborhood Conjecture. *Opuscula Mathematica*. 2021. 41(4). 601–605.

Отримано: 14.11.2025