



РАМКОВИЙ ДОКУМЕНТ З ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАННЯ В ЦИФРОВОМУ СВІТІ В МЕЖАХ PISA-2025 (ДРУГИЙ ПРОЄКТ)

Жовтень 2023

Країни-члени та асоційовані члени ОЕСР вирішили перенести оцінювання PISA-2021 на 2022 рік з метою відобразити наслідки COVID. Через це оцінювання PISA-2024 було перенесено на 2025 рік.

Цей документ, усі дані та мапи в ньому не мають жодних упереджень щодо статусу чи суверенітету будь-яких територій, установлених кордонів чи ліній розмежування, назв будь-яких територій, міст чи місцевостей.

Передні зауваги про переклад

Пропонований документ є перекладом англомовної версії рамкового документа щодо оцінювання навчання в цифровому світі (англ. «Learning in the Digital World Assessment Framework»¹, підготовленого Організацією економічного співробітництва та розвитку (далі – ОЕСР) до проведення пілотного етапу PISA-2025, який було реалізовано у 2024 році.

Остаточні рамкові підходи до оцінювання навчання в цифровому світі відбито в пізнішому рамковому документі², де схарактеризовано особливості цієї інноваційної галузі та підходів до оцінювання результатів учнівства за підсумками тестування з урахуванням уроків, отриманих за підсумками пілотного та основного етапів PISA-2025. Таким чином, деякі положення, викладені в цьому перекладі, можуть частково не збігатися з тими формулюваннями, які запропоновані в остаточній рамці. Утім, цей документ дещо ширший, ніж остаточна версія, тож загалом дає глибше уявлення про формування підходів до оцінювання навчання в цифровому світі та підготовку інструментарію, який би дав змогу різнобічно виміряти успішність учнівства в доволі специфічній галузі «Навчання в цифровому світі».

У цьому документі, крім опису теоретичних підвалин, які визначають підходи до оцінювання складного конструкту навчання в цифровому світі, також наведені ілюстрації завдань. Однак для глибшого розуміння теоретичних положень, викладених у цій програмі, усе ж краще звернутися до оприлюднених прикладів завдань у спеціальному цифровому середовищі, розміщено на сайті ОЕСР³, оскільки саме в такому вигляді стає зрозумілою концепція оцінювання.

Насамкінець варто зауважити, що переклад англомовних понять, використаних у рамковому документі, здійснювався з урахуванням вітчизняної термінологічної традиції. Унаслідок цього в деяких випадках виникають певні труднощі, оскільки англомовні поняття інколи є більш ємними, імплікують ширший поняттєвий обсяг, ніж україномовні, тощо. Наприклад, поняття *problem solving* у перекладі здебільшого передано як «розв’язування проблем» або «розв’язання проблем», хоча, безперечно, такий український аналог не вповні відбиває те, що розуміють під відповідним поняттям в англомовній навчально-методичній літературі. Так само проблемним є переклад одного з основних понять рамкового документа *computational thinking*, яке за традицією перекладено як «обчислювальне мислення», хоча такий варіант не зовсім передає зміст англомовного поняття. З огляду на це під час роботи із пропонованим перекладом час від часу варто звертатися до оригінального документа, щоб за потреби уточнити зміст тих чи тих положень рамки.

Василь Терешенко,
заступник директора Українського центру оцінювання якості освіти,
член національної команди PISA, 2026 р.

Переклад здійснено фахівчинями Українського центру оцінювання якості освіти **Катериною Шумовою та Юлією Шпак**. Редагування – Галина Бондаренко; загальне керування процесу перекладу – начальниця відділу досліджень та аналітики Ганна Бичко.

¹ <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/learning-in-the-digital-world/PISA%202025%20Learning%20in%20the%20Digital%20World%20Assessment%20Framework%20-%20Second%20Draft.pdf>

² OECD (2026), *PISA 2025 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/86c36975-en>.

³ <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/learning-in-the-digital-world/pisa-2025-learning-in-the-digital-world.html>

ЗМІСТ

Поширені запитання та відповіді щодо тестування в галузі навчання в цифровому світі PISA-2025	4
Оцінювання з навчання в цифровому світі PISA-2025 (другий проєкт рамкового документа)	6
1. Вступ. Важливість навчання в цифровому світі	6
1.1. Як змінюється навчання у світі, який дедалі стає більш цифровим?	6
1.2. Навіщо оцінювати навчання в цифровому світі в PISA?	7
2. Теоретичні погляди на навчання в цифровому світі	8
2.1. Обґрунтування теорії соціального конструктивізму	8
2.2. Цифровий світ як продуктивний контекст соціально-конструктивістського навчання	9
2.3. Навчання, розв'язання проблем і обчислювальне мислення	10
3. Навчання в цифровому світі за визначенням PISA	11
4. Підхід до оцінювання і вимірювання в рамках PISA	12
4.1. Модель компетентностей (модель для учнівства)	12
4.1.1. Практики розв'язування обчислювальних завдань	13
4.1.2. Процеси саморегульованого навчання	14
4.2. Інші фактори, що впливають на результати тесту	15
4.2.1. Попередні знання	15
4.2.2. Ставлення та переконання	16
4.3. Модель завдання	17
4.3.1. Цифрові навчальні середовища	17
4.3.2. Послідовність завдань і типи завдань	20
4.3.3. Складання завдань	26
4.4. Модель доказів	26
4.4.1. Правила доказів для практик обчислювального розв'язання проблем	27
4.4.2. Доказові правила для саморегульованих процесів навчання	28
Джерела	32

Поширені запитання та відповіді щодо тестування в галузі навчання в цифровому світі PISA-2025

Питання	Пояснення
<i>Яка мета оцінювання «Навчання в цифровому світі» PISA-2025?</i>	1. Зрозуміти, чи можуть учні та учениці розв'язувати проблеми за допомогою обчислювальних інструментів і практик у цифрових навчальних середовищах (когнітивний тест із навчання в цифровому світі). 2. Надати порівнювані докази щодо використання цифрових технологій у закладах середньої освіти (анкетування PISA) і того, як ці технології пов'язані з результатами навчальної діяльності в традиційних галузях навчання (основні галузі PISA) і галузях з інтенсивним використанням комп'ютерів (тестування з навчання в цифровому світі).
<i>Що вимірює оцінювання «Навчання в цифровому світі»?</i>	Структура тестування передбачає як розв'язання обчислювальних завдань (тобто здатність будувати покрокові рішення, які можуть бути виконані комп'ютером), так і саморегульоване навчання (тобто здатність ефективно керувати власним процесом навчання). Оцінювання забезпечить порівнювані показники того, які типи проблем учні та учениці здатні розв'язувати за допомогою цифрових інструментів, наскільки добре вони використовують навчальні ресурси (наприклад, навчальні посібники, робочі приклади, інтелектуальний зворотний зв'язок) і залучають свою мотивацію для прогресу у виконанні завдань.
<i>Що НЕ вимірює оцінювання «Навчання в цифровому світі»?</i>	Хоча тест PISA-2025 є важливим аспектом навчання в цифровому світі, він не вимірюватиме здатності учнівства шукати та оцінювати інформацію в інтернеті.
<i>Які ключові особливості оцінювання «Навчання в цифровому світі»?</i>	У кожній групі завдань учні та учениці дізнаються, як використовувати новий обчислювальний інструмент для керування цифровим агентом, створення комп'ютерної моделі складної системи або збирання та аналізу даних за допомогою моделювання. Кожна 30-хвилинна група завдань має чотири окремі етапи – демонстрація, тренування, застосування та рефлексія. На етапі «демонстрації» вимірюється те, що учні та учениці вже знають. Етап «тренування» містить інструкцію і три послідовні завдань, під час виконання яких учнівство відпрацьовує конкретні поняття та операції. Учні та учениці застосовують те, що вони відпрацьовували, у більш складному завданні на етапі «застосування». Групи завдань також містять деякі запитання для саморефлексії. Учні та учениці мають доступ до прикладів, автоматизованого зворотного зв'язку й анотованих рішень, які допоможуть їм у навчанні. За продуктивну роботу над розв'язанням завдань учням / ученицям буде частково зараховано відповідь, навіть якщо вони не



Питання	Пояснення
	розв'язують завдання правильно. Відкриті завдання розроблені таким чином, щоб була «низька підлога та висока стеля», що уможлиблює охопити учнівство з різним рівнем знань. Багатовимірна звітність: шкала PISA щодо здатності учнівства розв'язувати обчислювальні завдання; профілі учнів та учениць, що описують, як учнівство в різних країнах залучається до саморегульованого навчання під час роботи над складними завданнями.
<i>Як проводитиметься тест «Навчання в цифровому світі»?</i>	Комп'ютерне тестування з навчання в цифровому світі (LDW) використовує автоматичний підрахунок балів (для оцінювання не потрібна людина). Складність і час проходження етапів завдань було скориговано на основі даних, зібраних під час двох раундів когнітивних лабораторій і пілотних досліджень у різних країнах (Австралія, Болгарія, Чилі, Колумбія, Німеччина, Норвегія, Іспанія, США).

Оцінювання з навчання в цифровому світі PISA-2025 (другий проєкт рамкового документа)

1. Вступ. Важливість навчання в цифровому світі

1.1. Як змінюється навчання у світі, який дедалі стає більш цифровим?

1. Навчання є процесом, який передбачає активну участь. Воно може набувати різних форм, але поглиблене навчання, тобто застосування концепцій, зв'язування відповідних ідей і поширення їх на інші сфери, залежить від активної ролі учнівства у розвитку свого розуміння і набуття нових знань. За останнє десятиліття акценти в навчанні деяких дисциплін, зокрема природничо-наукових, технологій, інженерії та математики (STEM), змінилися від «навчання про» до «роблення» (doing), у свою чергу сприяючи переходу до більш активних контекстів навчання та практики на основі дослідництва та розв'язання проблем (OECD, 2019 [1]).
2. Цифрові технології навчання докорінно змінюють те, як люди навчаються: вони дають учнівству значну автономію, формують спосіб взаємодії людей з інформацією та навчальними ресурсами та глибоко впливають на те, як ми розуміємо нашу реальність. Вони також поєднують людські запити з обчислювальною потужністю, уможливорюючи, серед іншого, нові та потужніші форми самостійного навчання та розв'язання проблем. Обчислювальні інструменти дозволяють учням та ученицям створювати матеріальні представлення свого нового розуміння та ідей, як-от комп'ютерні програми чи моделі, які можна використовувати, щоб багаторазово розробляти розв'язання проблем. Ці інструменти радикально розширюють шляхи, якими люди можуть досліджувати та експериментувати зі своїми ідеями та розумінням, у свою чергу надаючи можливості для більш активного та автентичного навчання.
3. Використання потужності обчислювальної технології виявилось надзвичайно продуктивним для поглиблення знань і вирішення складних проблем у кількох сферах – від природничих наук (наприклад, секвенування та редагування ДНК) до гуманітарних (наприклад, визначення датування стародавніх об'єктів) і від професійних (наприклад, аналіз великих масивів даних) до повсякденних питань особистої сфери (наприклад, планування подорожі). В освітньому співтоваристві обчислювальні інструменти та програми, такі як Scratch, NetLogo та Code.org, створили глобальні навчальні спільноти. Мільйони учнів та учениць і викладачів середньої (і початкової) школи використовують ці інструменти, щоб активно досліджувати та візуалізувати складні концепції, а також будувати, створювати та ділитися персоналізованими предметами свого навчання.
4. Навчання та розв'язання проблем дедалі більше залучатимуть технології як у формальному, так і в неформальному контексті. Таким чином, розвиток навичок навчання та розв'язання проблем за допомогою технологій є основною передумовою для успішної участі молодих людей у всіх сферах життя, включаючи їхнє освітнє, соціальне, культурне, громадянське та майбутнє професійне життя. Дослідження також показали, що здатність результативно використовувати цифрові інструменти для розв'язання проблем може сприяти іншим сферам особистого та соціального розвитку, включаючи відчуття власності агентності та контролю над власним навчанням, яке мають учні та учениці, боротьбу з невдачами на шляху до успіху, а також творчий настрій, допитливість, відкритість і наполегливість (Clapp et al., 2017 [2]).

5. Незважаючи на свій потенціал для навчання, орієнтованого на учнівство, навчання використання цифрових технологій часто зосереджується на вузьких аспектах комп'ютерної грамотності. Учні та учениці можуть зіткнутися зі значними труднощами, пов'язаними з тим, як вони керують власними навчальними процесами, залучаючись до навчання на основі дослідництва та відкриттів за допомогою технологій. Тому вміння добре самостійно керувати своїм навчанням для учнівства особливо важливо у відкритому та інтерактивному цифровому середовищі, яке заохочує учнів та учениць вибудовувати власне розуміння.

1.2. Навіщо оцінювати навчання в цифровому світі в PISA?

6. Оцінювання PISA-2025 надасть порівнювану на міжнародному рівні інформацію про те, наскільки добре учні та учениці можуть брати участь в автономному процесі навчання, використовуючи обчислювальні інструменти для розв'язання проблем, вибудовування свого розуміння і набуття знань. Учніство вирішуватиме проблеми у відкритому, структурованому та інтерактивному навчальному середовищі за допомогою обчислювальних інструментів і навчальних ресурсів. Оцінювання ґрунтується на соціально-конструктивістському підході, який наголошує на активному й ітеративному (повторюваному) процесі навчання шляхом взаємодії із зовнішніми інструментами й ресурсами. У кожній 30-хвилинній групі (блоці, модулі) завдань учні й учениці виконуватимуть дедалі складніші завдання, щоб продемонструвати, наскільки ефективно вони можуть поєднувати те, що вони вже знають і вміють робити, з можливостями навчання, які надає їм технологія.

7. Зосередження уваги на навичках автономного навчання в цьому новому оцінюванні тісно пов'язане з цілями освіти 21-го століття, як це визначено в Рамковій програмі ОЕСР до 2030 року (OECD, 2019_[3]). Оцінювання надасть багатовимірні показники результативності, які можуть описувати її краще, ніж один окремий бал за шкалою того, чого учні та учениці можуть досягти в реальних життєвих ситуаціях, де доступні можливості навчання за допомогою технологій.

8. Крім цього, останніми роками багато країн робили великі інвестиції в цифрову освіту через глобальну пандемію COVID-19, яка змусила закрити школи та масово перейти на онлайн-навчання, що вплинуло на мільйони учнів й учениць по всьому світу. Проте світовій освітній спільноті не вистачає доказів того, чи ці інвестиції були ефективними для навчання та чи системи освіти достатньою мірою готують учнівство до самостійного навчання за допомогою технологій. Дослідження і дані підкреслюють, що технології самі по собі не гарантують ефективних і глибоких результатів навчання – справді, вражаючий висновок аналізу даних PISA полягає в тому, що учні й учениці, які повідомили, що дуже часто користуються комп'ютером у школі, мають гірші показники в більшості результатів навчання, порівняно з їхніми однолітками, навіть якщо врахувати соціально-економічний статус учнів і учениць. Цей висновок указує на велику асиметрію в якості цифрової освіти (як між країнами, так і всередині них) і що нам потрібні кращі дані та дослідження того, як учнівство й учительство використовують технології в класі.

9. Оцінювання PISA-2025 забезпечить безпосереднє вимірювання навичок, необхідних учнівству для навчання за допомогою технологій, у поєднанні з більш повною контекстною інформацією про цифрові навчальні дії, якими займаються учні та учениці як у класі, так і поза ним. Оцінювання дає унікальну можливість виміряти та порівняти ефективність різних національних підходів до цифрової освіти й результатів навчання учнівства, долаючи проблему відсутності порівнюваних на міжнародному рівні доказів щодо цієї важливої теми. Високоякісні інструменти збору й аналізу даних можуть

спрямувати розробників політик у переході до цифрової освіти й допомогти освітянам краще інтегрувати технології в шкільне навчання.

2. Теоретичні погляди на навчання в цифровому світі

2.1. Обґрунтування теорії соціального конструктивізму

10. Конструктивістські теорії навчання зосереджуються на ідеї, що учні й учениці активно конструюють і реконструюють свою базу знань (Bodner, 1986^[4]; Collins, Brown and Newman, 1989^[5]). Конструктивізм розвинувся з праць Жана Піаже (1971^[6]; 1976^[7]), який уважав знання продуктом особистого досвіду, де нова інформація включається в уже існуючі знання та ментальні схеми, а не є продуктом інформації, яка отримана, закодована, завчена напам'ять, відновлена й застосована (Askermann, 2001^[8]). Ця фундаментальна ідея відображена в сучасних підходах до викладання та дизайну навчання (наприклад, педагогіка, орієнтована на учнівство, навчання на основі дослідництва, навчання через «роблення» тощо), які не розглядають учнів й учениць як порожні посудини, у які можна налити «готові» знання, а натомість наголошують на активній ролі учнів й учениць у формуванні власних уявлень і значень, а також на важливості їхніх попередніх знань і досвіду. Навчання, таким чином, є спрямованим процесом підтримки учнівства у створенні власних знань, а не передачі знань викладачем для використання учнями.
11. Прихильники соціального конструктивізму розширили ці ідеї, щоб підкреслити важливість соціального контексту та взаємодії в навчанні. Соціальний конструктивізм розглядає навчання як певний процес, який тісно пов'язаний із соціокультурним контекстом досвіду індивіда. Знання не створюються індивідуально у вакуумі, а скоріше «спільно створюється» через соціально узгоджену взаємодію з іншими людьми чи об'єктами. Таким чином, будь-який навчальний досвід опосередковується інструментом/-ами та методом/-ами спілкування, які залучені до такої взаємодії. Згідно з Виготським (1978^[9]), «зона найближчого розвитку» становить собою розрив між тим, що людина знає і може зробити самостійно, і тим, чого вона може навчитися від інших, особливо тих, хто має більше знань.
12. Конструктивізм поділяє ці погляди на навчання, але підкреслює важливість побудови конструкцій зовнішнього знання (Papert, 1986^[10]). Це підкреслюється вірою в те, що навчання відбувається найкраще, коли учні та учениці створюють матеріальні артефакти, які представляють їхні нові знання та розуміння, і що ці учні та учениці, швидше за все, будуть інтелектуально активними під час роботи над проектом, що має значення для них особисто. У процесі створення артефакту учень або учениця вводить ідеї, концепції та навички в дію, і вони розвиваються далі, коли він або вона взаємодіє зі своїм артефактом і повторює його. Вони також можуть зіткнутися з неочікуваними проблемами протягом процесу створення, для розв'язання яких їм потрібно зайнятися складним (і, можливо, мультидисциплінарним) розв'язанням проблем.
13. Підсумовуючи згадане вище, стає зрозуміло, що всі ці різні конструктивістські погляди на навчання підкреслюють таке:
 - активну роль учнівства в конструюванні розуміння і власних знань;
 - важливість критичного мислення і розв'язання проблем в активному навчанні;
 - важливість автентичного досвіду навчання;



- соціальні обговорення щодо знання;
- зміна ролі вчительства з поширення інформації на допомогу / координування в навчання (Kaffash та ін., 2010 [11]).

2.2. Цифровий світ як продуктивний контекст соціально-конструктивістського навчання

14. Цифрове навчальне середовище забезпечує особливо продуктивний контекст для конструктивістського навчання, але не всі цифрові технології надають однакові можливості. У найширшому розумінні інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) стосуються різноманітних форм технологій, які використовуються для створення, зберігання, управління, передачі, спільного використання чи обміну інформацією. До них належать апаратне забезпечення (комп'ютери, планшети тощо), Інтернет, програмні додатки, онлайн-платформи, інтелектуальні системи навчання та інші цифрові (або оцифровані) ресурси. Рамковий документ ОЕСР щодо ICT PISA (OECD, 2019_[12]) визначає три основні типи ресурсів ІКТ для викладання та навчання:

1. цифровий контент (тобто онлайн-курси, цифрові книги q мультимедійні ресурси);
2. інструменти комунікації і відстеження (тобто ті, що полегшують спілкування між закладами освіти, батьками й учнями);
3. віртуальні навчальні середовища й інтелектуальні системи навчання (тобто ті, які спрямовані на допомогу учнівству відпрацьовувати певні навички).

15. Інші рамкові документи розрізняють, як інструменти та ресурси ІКТ використовуються в освіті для навчання. Чотири типології, узагальнені в таблиці 1, часто трапляються в літературі: вивчення технологій, навчання з технологій, навчання з технологіями та навчання через технології. Кожна типологія описує за своєю суттю інший досвід навчання, у якому ІКТ відіграють більш чи менш фундаментальну роль у формуванні можливостей і процесів навчання учнівства.

Таблиця 1. Типи використання ІКТ для навчання в освіті

Типологія використання ІКТ	Опис
Вивчення технологій (ІКТ)	Використання ІКТ у дисциплінарний спосіб для набуття навичок роботи з ІКТ
Навчання з технологій (ІКТ)	Використання ІКТ як джерела інформації і постачальника цифрового (або оцифрованого) контенту в мультимедійних форматах (наприклад, онлайн-курси, графіка, цифрові підручники тощо)
Навчання з технологіями (ІКТ)	Міждисциплінарне й функціональне використання ІКТ, зазвичай, як комунікаційного середовища (наприклад, презентаційний пристрій) для вдосконалення існуючих навчальних програм і педагогічних підходів
Навчання через технології (ІКТ)	Використання ІКТ для трансформації того, як і що вивчається, переважно шляхом надання можливостей навчання через досвід (наприклад, віртуальне навчальне середовище, інтелектуальні системи навчання) та/або надання інструментів для створення матеріальних продуктів, обдумування ідей і співпраці з іншими

Джерело: (Salomon and Perkins, 2005_[13]; OECD, 2019_[12]; Lloyd, 2005_[14])

16. Отже, досвід навчання, опосередкований ІКТ, можна розглядати в континуумі від менш до більш трансформаційного (Mioduser та ін., 2003^[15]; Puenteadura, 2011^[16]). З одного боку, технологія лише замінює або функціонально покращує незмінний досвід викладання і навчання, часто для того, щоб полегшити, пришвидшити або зручніше викладати традиційними способами (тобто передавати знання за допомогою моделі викладання) (Maddux, Johnson and Willis, 2001^[17]). На відміну від цього, «трансформаційне» використання технологій – навчання за допомогою технологій – створює нові та кращі способи викладання і навчання, які інакше були б неможливі. Ці види використання найкраще представляють види активного та спільного навчання, на яких наголошує соціальний конструктивізм, надаючи учням інтерактивні інструменти й ресурси для формування знань для підтримки їхніх когнітивних і метакогнітивних процесів. Вони можуть допомагати учнівству опрацьовувати та формувати ідеї в процесі навчання через забезпечення підтримки й зворотного зв'язку та ілюстрування концепції подібно до когось «більш обізнаного» (Mhlongo, Dlamini and Khoza, 2017^[18]). Таким чином, технології можуть поглибити такі процеси пошуку інформації, розв'язання проблем і прийняття рішень, у центрі яких стоїть учнівство, що дасть змогу учням й ученицям робити помилки, повторювати, брати на себе відповідальність за свої результати навчання та ставати тими, хто навчається незалежно й регулює своє навчання самостійно (Tubin, 2006^[19]).
17. Технології особливо розширюють можливості учнів й учениць, коли вони дають змогу їм користуватися обчислювальними артефактами та створювати їх. Цифрове середовище з інструментами моделювання і симуляції дозволяє їм обробляти, генерувати й візуалізувати дані в масштабі та хронології, які інакше було б неможливо уявити (це робить складні концепції більш доступними), а також розробляти обчислювальні розв'язки проблем. Надаючи інструменти, які допомагають учням та ученицям обробляти й генерувати інформацію, а також створювати конкретні представлення їхніх нових знань та ідей, «комп'ютери забезпечують особливо широкий спектр чудових контекстів для конструкційного навчання» (Papert and Harel, 199^[20]).

2.3. Навчання, розв'язання проблем і обчислювальне мислення

18. Створення обчислювальних рішень або артефактів у цифровому середовищі вимагає від учнівства давати комп'ютеру вказівки щось робити. Це виходить за межі їхньої здатності просто писати та виконувати програму: учні й учениці повинні розуміти міркування, що стоять за інструкціями, які вони дають комп'ютеру, і використовувати відповідні концепції і стратегії цілеспрямовано та осмислено. Іншими словами, вони повинні залучатися до обчислювального підходу до процесу розв'язання проблем, що спирається на практики, які є основоположними для інформатики та сприяють глибокому розумінню всього процесу розв'язання проблем (Wing, 2006^[21]). Вираження ідей через матеріальну обчислювальну форму дає змогу учнівству глибше розуміти власні концептуальні моделі й мисленнєві процеси, а ці матеріальні відтворення також дозволяють викладачам інтерпретувати, де знаходяться учні й учениці в процесі навчання та які знання вони використали, щоб досягти цього (Valente and Blickstein, 2019^[22]).
19. У системах освіти навчальні програми з природничих наук і математики все більше інтегрують обчислювальне мислення як ключову компетентність, а створення обчислювальних артефактів легко піддається навчанню та застосуванню концепцій і практик, узятих із таких більш широких дисциплін, як природничі науки, технології, інженерія та математика (STEM) (Valente and Blickstein, 2019^[22]; Zhang and Biswas,

2019^[23]; Brennan and Resnick, 2012^[24]; Sengupta et al., 2013^[25]; Basu and Biswas, 2017^[27]). Загалом ці дисципліни мають спільний основний набір доказових міркувань і практик розв'язання проблем, які часто обговорюються під егідою наукових досліджень (Pedaste та ін., 2015^[28]), і для яких обчислювальні інструменти надають нові та потужніші можливості. Наприклад, обчислювальні моделі можуть симулювати складні явища й підтримувати експериментування з ідеями, які неможливо було б відтворити в реальному світі (Weintrop et al., 2016^[29]). Використання обчислювальних інструментів для наукових досліджень узгоджується із сучасними підходами до освіти STEM, які активно залучають учнівство до наукових ідей і практики в контексті реального світу (Krajcik, 2015^[30]).

20. Декілька дослідників у сфері освіти розробили цифрові навчальні середовища й обчислювальні інструменти для розвитку обчислювального мислення учнівства, а також їхнього розуміння концепцій і практики STEM. До них належать середовища складання концептуальних карт (наприклад, Betty's Brain, (Biswas, Segedy and Bunchongchit, 2015^[31]), середовища моделювання (наприклад, PhET Interactive Simulations, (Wieman, Adams and Perkins, 2008^[32]); GoLabs (de Jong, Sotiriou and Gillet, 2014^[33]), інтерактивні ігри (наприклад, Crystal Island (Rowe et al., 2009^[34]); Mecagenius, (Galaup et al., 2015^[35])), середовища агентного моделювання (наприклад, NetLogo, (Wilensky, 1999^[36]); CTSiM, (Sengupta et al., 2013^[25]; Basu et al., 2012^[37])), а також середовища графічного програмування (наприклад, LOGO, (Papert, 1980^[38]); Scratch, (Maloney et al., 2010^[39])).

21. Така конструктивістська навчальна діяльність із використанням технологій також вимагає від учнівства участі в процесі саморегульованого навчання. Саморегульоване навчання стосується моніторингу й контролю метакогнітивних, когнітивних, поведінкових, мотиваційних та афективних (емоційних станів) процесів під час навчання (Panadero, 2017^[41]). У відкритому цифровому середовищі з потенційно великими обсягами неструктурованої інформації, можливостями для дослідження та відволікання учням й ученицям необхідно цілеспрямовано керувати своїми діями, контролювати свої прогалини в знаннях, ітеративно створювати та налагоджувати свої моделі чи обчислювальні артефакти, а також виявляти та виправляти своє нерозуміння і помилки, шукаючи й інтерпретуючи зворотний зв'язок із середовищем (Järvelä and Hadwin, 2015^[42]). Метапізнання є особливо актуальним для навчання, орієнтованого на учнівство, однак дослідження показали, що учнівству часто бракує метакогнітивного розуміння, необхідного для залучення до оптимального навчання на основі запитів (Dedić, 2014^[43]; Keselman and Kuhn, 2002^[44]; Kuhn et al., 2000^[45]).

3. Навчання в цифровому світі за визначенням PISA

22. У циклі PISA-2025 навчання в цифровому світі визначають як «здатність брати участь у повторюваному (ітеративному) й саморегульованому процесі формування знань і розв'язання проблем за допомогою обчислювальних інструментів і практик».

23. Це тлумачення визначає навчання в цифровому світі як саморегульований процес, який вимагає від учнів й учениць брати активну участь у власному навчанні. Воно визнає накопичення знань і розв'язання проблем як особливі форми конструктивістського навчання. У цьому визначенні розв'язання проблем не стосується відтворення наявних знань у незнайомій проблемній ситуації (як, наприклад, у визначенні розв'язання проблем у PISA-2012), а радше стосується процесу використання зовнішніх ресурсів для розвитку власних знань і досягнення конкретної мети. Під час цього оцінювання очікується, що учні й учениці просуватимуться до своєї зони найближчого розвитку, використовуючи каркаси та інші можливості навчання із зовнішніх ресурсів. Іншими

словами, під час ітеративного розв'язування завдань (проблем) учні та учениці повинні самостійно регулювати своє навчання шляхом активації когнітивних, метакогнітивних та емоційних процесів.

24. Використання обчислювальних інструментів і практик пояснює, що учнівство бере участь у формуванні знань і розв'язанні проблем шляхом побудови обчислювальних артефактів, як-от моделі або алгоритми, які можуть бути виконані комп'ютером. Таким чином, для цього потрібно розв'язати певне завдання обчислювальним способом. Ці артефакти можна використовувати для представлення (тобто моделювання) системи та прогнозування того, як ця система буде розвиватися, або для керування автоматизованими агентами для розв'язання реальних проблем. Щоб уникнути сумнівів, діяльність із пошуку інформації з використанням обчислювальних інструментів (наприклад, пошукових систем Інтернету) не включена до цього вужчого визначення навчання в цифровому світі, оскільки вона також спирається на інші навички (наприклад, навички пошуку інформації та критичної оцінки), окрім розв'язання обчислювальних завдань.

4. Підхід до оцінювання і вимірювання в рамках PISA

25. Оцінювання навчання в цифровому світі в PISA-2025 має два основні інструменти:

- **когнітивний тест**, який вимірює ступінь, до якого учні й учениці можуть залучати когнітивні, метакогнітивні та емоційні процеси, необхідні для навчання в цифровому світі;
- **анкетні модулі PISA**, які збирають інформацію про використання учнями й ученицями цифрових інструментів для навчання (у класі та поза ним), про їхнє ставлення до ІКТ, а також про їхні стратегії навчання. Модулі в анкетах для вчителів і для керівників закладів середньої освіти доповняють цю інформацію даними про шкільне середовище учнівства, наприклад про педагогічну культуру школи, переконання вчительства і наявність допоміжних технологій.

26. Метод доказової аргументації (Evidence-Centred Design (ECD)) (Mislevy, Steinberg and Almond, 2003) забезпечує концептуальну основу для розробки інноваційних і узгоджених оцінювань, які ґрунтуються на доказових аргументах, пов'язуючи те, що учні та учениці роблять, пишуть або створюють на комп'ютерній платформі, з багатовимірними компетентностями. Розділи 2 і 3 цього рамкового документа описують аналіз домену та обґрунтування, що лежить в основі визначення навчання в цифровому світі PISA-2025. У цьому розділі ми представляємо підхід до вимірювання в PISA.

4.1. Модель компетентностей (модель для учнівства)

27. Модель компетентностей реалізує конструкт, як визначено в Розділі 3, для цілей вимірювання. Ця модель містить два основні компоненти, кожен з яких далі розбивається на кілька підкомпонентів:

- (1) практика розв'язання обчислювальних завдань та
- (2) саморегульовані процеси навчання (Рисунок 1).

Крім двох основних компонентів моделі компетентностей, попередні знання і ставлення можуть впливати на успішність учня або учениці під час оцінювання.

Рисунок 1. Модель компетентностей для оцінювання навчання в цифровому світі PISA–2025



4.1.1. Практики розв'язування обчислювальних завдань

28. Кілька рамкових документів розглядають синергію між обчислювальним мисленням і навчанням на основі дослідництва, визначаючи набір взаємопов'язаних практик, які підтримують навчання і розв'язання завдань за допомогою обчислювальних інструментів (Weintrop et al., 2016^[29]; Zhang and Biswas, 2019^[23]). Ми називаємо це практиками розв'язування обчислювальних завдань (computational problem-solving practices). Для цілей вимірювання в PISA практики розв'язування обчислювальних завдань поділяються на наведені нижче три підкомпоненти.

Проводити дослід / експерименти

29. Здатність визначати зв'язки між змінними або агентами в системі шляхом систематичних експериментів є важливою практикою розв'язання обчислювальних завдань. Це підкріплюється знаннями про певні концепції, такі як залежні та незалежні змінні, і стратегії збору даних для аналізу, наприклад контроль змінних.

30. Проводити дослід / експерименти – це здатність учнівства робити таке:

- використовувати обчислювальні моделі, моделювання та інші інструменти для створення даних;
- ідентифікувати відповідні гіпотези та проводити контрольовані експерименти.

Аналізувати дані

31. Ще однією важливою основою для побудови обчислювальних моделей є здатність аналізувати дані, щоб зрозуміти, як працюють системи. Це підкріплюється знанням математичних і графічних зображень взаємозв'язків між змінними, знанням різних типів даних, а також здатністю вибирати й використовувати відповідні інструменти та методи для очищення, керування, дослідження й аналізу даних.

Аналізувати дані – це здатність учнівства робити таке:

- використовувати дані, щоб зробити висновки про те, як пов'язані різні елементи системи;
- використовувати дані для прогнозування того, як система буде змінюватися із часом.

Вибудовувати та налагоджувати обчислювальні артефакти

32. Здатність перетворювати ідеї в інструкції, які можуть виконуватися комп'ютерами, є фундаментальною для розв'язання обчислювальних завдань. Це передбачає переформатування завдань у такий спосіб, щоб їх можна було зробити придатними для обчислень за допомогою рефлексивних практик, таких як декомпозиція і абстракція, які спрощують завдання шляхом усунення менш релевантних елементів і дають змогу поступово розробляти модульні рішення, компоненти яких можна тестувати незалежно (Weintrop et al., 2016^[29]). Побудова та налаштування обчислювальних артефактів також підкріплюється знаннями фундаментальних обчислювальних операцій, таких як ітерація, цикл і умовне розгалуження, а також результатів зміни послідовності, у якій ці операції виконуються (тобто потік керування).

33. Вибудовувати та налагоджувати обчислювальні артефакти – це здатність учнівства робити таке:

- визначати підцілі й самостійно розглядати складові частини проблеми;
- ідентифікувати й розглядати повторювані шаблони за допомогою однієї обчислювальної процедури;
- реалізувати узагальнену послідовність кроків рішення за допомогою структур потоку керування, таких як повторення та умовні твердження;
- створювати абстрактне відтворення системи, яке може бути виконано комп'ютером;
- адаптувати та/або налагоджувати алгоритми й обчислювальні моделі.

4.1.2. Процеси саморегульованого навчання

34. Процеси саморегулювання навчання включають метакогнітивні, когнітивні й емоційні процеси. Для цілей вимірювання процеси саморегульованого навчання розбиваються на три підкомпоненти.

Стеження за прогресом й адаптування

35. Цей аспект відноситься до процесів, за допомогою яких люди формують і контролюють своє навчання. Він має як когнітивний, так і метакогнітивний компоненти. Когнітивний компонент включає когнітивні дії або стратегії для досягнення цілей навчання, а метакогнітивний компонент відноситься до критичного усвідомлення свого розуміння вимог завдання і спостереження за своїм мисленням і процесом навчання. Метапізнання дає змогу людям виявляти прогалини у своїх знаннях і, у свою чергу, ефективно впроваджувати та адаптувати когнітивні стратегії на основі їх нового розуміння.

36. Стеження за прогресом й адаптація – це здатність учнівства робити таке:

- контролювати своє розуміння та виявляти прогалини в знаннях;
- систематично перевіряти та налагоджувати свої обчислювальні артефакти;
- діяти відповідно до зворотного зв'язку від навчального середовища;
- обирати відповідну поведінку, спрямовану на пошук допомоги, коли це необхідно (наприклад, коли не вдається просунутися далі або після повторного негативного зворотного зв'язку).

Оцінювання успішності

37. Саморегульований цикл навчання також включає етап рефлексії, під час якої учні й учениці оцінюють свої успіхи чи невдачі, щоб інформувати про свою майбутню успішність при виконанні подібних завдань.
38. Оцінювання успішності – це здатність учнівства робити таке:
- оцінювати свій прогрес у досягненні навчальної мети;
 - оцінювати якість свого обчислювального артефакту з огляду на вимоги завдання.

Підтримування мотивації та зацікавленості завданням

39. Мотивація впливає на бажання учнівства брати участь майже в усіх видах навчальної діяльності (Pintrich and De Groot, 1990^[46]; Bandura, 2001^[47]). Дослідження виявили позитивний зв'язок між мотивацією і глибшим навчанням (Järvelä, Järvenoja та Muukkonen, 2021^[48]; Saab, van Joolingen and van Hout-Wolters, 2009^[49]). Афект (тобто емоції, почуття і ставлення) також тісно взаємодіє з мотивацією учнівства й зацікавленістю в навчальних завданнях (Efklides, 2011^[50]). Мотиваційні та афективні компоненти саморегульованого навчання описують процеси, за допомогою яких люди керують своєю мотивацією та емоційними станами під час навчання, як-от наполегливість під час появи труднощів (Järvenoja et al., 2018^[51]; Fredricks, Blumenfeld and Paris, 2004^[52]; Kim et al., 2015^[53]).
40. Підтримування мотивації та залученості до виконання завдань – це здатність учнівства робити таке:
- уникати тривалих періодів бездіяльності або непродуктивних дій;
 - докладати зусиль для адаптації й удосконалення свого обчислювального артефакту після отримання негативного зворотного зв'язку та використання всього доступного часу;
 - займатися завданням, незважаючи на негативний емоційний стан (наприклад, розчарування, нудьга).

4.2. Інші фактори, що впливають на результати тесту

4.2.1. Попередні знання

41. Попередні знання учнів і учениць з певної теми та їхні знання і базова ознайомленість із цифровими інструментами можуть вплинути на їхні результати в оцінюванні навчання в цифровому світі PISA-2025. У будь-якому навчальному завданні на основі дослідництва (на основі запиту) попередні знання і розуміння теми учнем або ученицею можуть сформувати його або її початкові ідеї щодо характеристик і зв'язків між відповідними змінними, у свою чергу допомагаючи їм проводити кращі дослід / експерименти, або щодо процедур, які керують поведінкою обчислювального артефакту. Таким чином, недостатні попередні знання можуть змусити учнівство неправильно інтерпретувати дані, проводити дослід / експеримент несистематично або неправильно чи призвести до спантеличення стосовно вимог до завдань (de Jong, 2006^[54]; Glaser et al., 1992^[55]; Schauble et al., 1991^[56]; van Riesen et al., 2018^[57]; Quintana et al. al., 2004^[58]). Однак попередні знання також можуть перешкоджати навчання на основі дослідництва, оскільки хибні ідеї, які учні й учениці вже мають у своїй голові, можуть змусити їх ігнорувати аномальні дані (Chinn and Brewer, 1993^[59]) або негативно вплинути на типи дослідів / експериментів, які вони проводять (Klahr, Fay and Dunbar, 1993^[60]).
42. Використання обчислювальних інструментів для навчання на основі дослідництва також передбачає певні функціональні знання про ІКТ (наприклад, як переміщатися інтерфейсом, користуватися доступним функціоналом тощо), без яких люди не зможуть

повною мірою використовувати функції цифрових інструментів і навчальних середовищ. Однак високий рівень цифрової грамотності не обов'язково означає високі результати навчання за допомогою цифрових інструментів. Наприклад, Wecker et al. (2007^[61]) виявили, що учні й учениці, які були більше ознайомлені з комп'ютерами, отримали значно менше знань у цифровому науково-дослідницькому середовищі, оскільки вони, як правило, демонстрували більш поверхневі стратегії обробки інформації (наприклад, перегляд).

43. Попередні знання щодо тем і практик, які розглядаються в кожному розділі, будуть оцінюватися за допомогою короткої низки завдань у першій частині групи (блоку, модуля) завдань (див. пункт 4.3.2). Інформація про функціональні знання учнівства щодо ІКТ буде вимірюватися шляхом аналізу того, як учнівство взаємодіє з різними можливостями цифрового навчального середовища та чи може це учнівство виконувати запропоновані йому інструкції.

4.2.2. Ставлення та переконання

44. Декілька типів ставлень взаємодіють із мотивацією і залученістю до виконання завдання, охоплюючи зацікавленість у виконанні завдання, самоефективність, наскільки високо цінується завдання чи результат та «вартість» або зусилля, пов'язані з виконанням завдання (Flake et al., 2015^[62]; Eccles et al., 1983^[63]). Зокрема, орієнтація на майстерність і самоефективність в ІКТ, імовірно, впливатимуть на здатність учнівства брати участь у навчанні в цифровому світі. Ці погляди та переконання (серед іншого) вимірюватимуться шкалами, адаптованими з наявної літератури та включеними до анкети для учнівства.

Орієнтація на досягнення

45. Орієнтація на досягнення – це мета навчання й виконання завдань відповідно до власних встановлених стандартів (Hsieh, 2011^[64]). Учні та учениці з орієнтацією на досягнення зосереджуються на розвитку нових знань і навичок, а також на їх удосконаленні до рівня майстерності. Протилежністю орієнтації на досягнення є орієнтація на виконання, де головним завданням учнівства є грамотне виконання завдання, щоб отримати схвальні оцінки від інших.
46. Таким чином, учні й учениці, орієнтовані на досягнення, відчувають внутрішнє задоволення від виконання завдання і на них менше впливають зовнішні показники успішності, як-от оцінки. Вони також схильні брати участь у діяльності, яка може покращити їхні знання, бути уважними, обробляти інформацію на високому рівні, а також звертатися по допомогу (Hsieh, 2011^[64]). Крім цього вони схильні розглядати негативний зворотний зв'язок як цінну інформацію для вдосконалення і розглядати невдачі як досвід навчання, а не як ознаку недостатніх здібностей (Dweck and Leggett, 1988^[65]).

Самоефективність з ІКТ

47. Упевненість людини у своїй здатності виконувати конкретні завдання (тобто самоефективність) тісно пов'язана з її успішністю (Bandura, 1993^[66]). Особливо це може відбуватися в цифрових навчальних середовищах із застосуванням комп'ютерів (Moos and Azevedo, 2009^[67]). Наприклад, учні й учениці, які почуваються впевнено під час користування ІКТ, можуть з більшою готовністю залучатися до досвіду навчання за посередництва ІКТ і наполегливо долати труднощі, з якими вони можуть стикатися під час використання технологій. Дослідження також показали, що самоефективність в ІКТ пов'язана з кращими результатами навчання (Fraillon et al., 2014^[68]; Thompson, Meriac і Cope, 2002^[69]).

4.3. Модель завдання

48. Модель завдання в методі доказової аргументації (ECD) описує дизайн дій із завданням у тесті, включно з цілями, підказками, бажаними результатами учня / учениці та особливостями інтерфейсу завдань. Обмеження цих «змінних» завдання може виявити спостережувані, необхідні для того, щоб стверджувати про здібності учнівства у тестовому конструкті (Mislevy et al., 1999_[70]). Основною проблемою для розробки моделей завдань у рамках обмежень дизайну тестування PISA, особливо для оцінювання навчання в цифровому світі, є обмежена кількість часу для тестування, доступного для кожного учня / учениці. Вони матимуть одну годину на виконання тестового матеріалу в рамках оцінювання навчання в цифровому світі, тобто тест повинен зосереджуватися на типах навчання, яких учні й учениці можуть досягти протягом заданого часу тестування. Тому «навчальні цілі» в кожному блоці (модулі) сформульовані як проміжні кроки до розробки обчислювальної моделі системи або створення обчислювального артефакту для розв'язання завдання.
49. Детальні моделі завдань точно визначають, що учні й учениці повинні робити в кожному завданні (наприклад, шукати інформацію, переглядаючи звіт, проводити досліди / експерименти з використанням стратегії контролю змінних, використовувати результати дослідів / експерименту для визначення зв'язку між змінними тощо) і які можливості вони мають, щоб навчитися (наприклад, допомогу або перевірені приклади). Завдання також структуровані за різними етапами, відповідно до їхньої складності й рівня допомоги, щоб надати багато можливостей для навчання і застосування того, що вони навчилися робити раніше, для досягнення своєї навчальної мети. Така організація групи завдань у тесті вибудовує послідовний процес навчання, який спрямовано на відтворення автентичного досвіду навчання в цифрових навчальних середовищах.

4.3.1. Цифрові навчальні середовища

50. У той час як конкретні інструменти, які надаються учнівству, відрізняються в різних групах завдань, цифрове навчальне середовище кожної групи завдань має структурну й стилістичну подібність. До них належать:
- обчислювальний інструмент (або інструменти) і робоче середовище, у якому учні й учениці можуть побудувати виконане обчислювальне відтворення (наприклад, модель або алгоритм);
 - доступний функціонал, який дає змогу учнівству брати участь у самостійно спрямованому навчальному процесі (наприклад, механізми зворотного зв'язку, коментовані приклади для подібних завдань і коментовані рішення);
 - чітко визначений запис «подій» (тобто моделі даних подій), створений унаслідок дій учнівства в середовищі (наприклад, загальний час, витрачений на завдання, кількість і характеристики виконаних тестових завдань, використання ресурсів, редагування / доповнення до обчислювального артефакту тощо). Ці дані про події визначаються як частина завдання та дизайну групи (блоку, модуля) завдань для збору всієї відповідної інформації, як зазначено в доказових правилах.

Види обчислювальних інструментів

51. Обчислювальні інструменти, які учні й учениці використовуватимуть у тесті, охоплюють блокові інструменти програмування, (здійсненні) конструктори карт концепцій, блок-схеми та симуляції. Вони можуть бути використані для представлення та маніпулювання взаємозв'язками між змінними в системі, генерування даних для підтвердження гіпотез або прогнозування чи керування декількома агентами

в рамках моделювання. Коротше кажучи, кожен інструмент дає змогу учням й ученицям створювати здійсненний обчислювальний артефакт, який служить для того, щоб вони краще зрозуміли якесь явище (наприклад, як змінні в системі взаємопов'язані та як система функціонує) або для розв'язання складної проблеми.

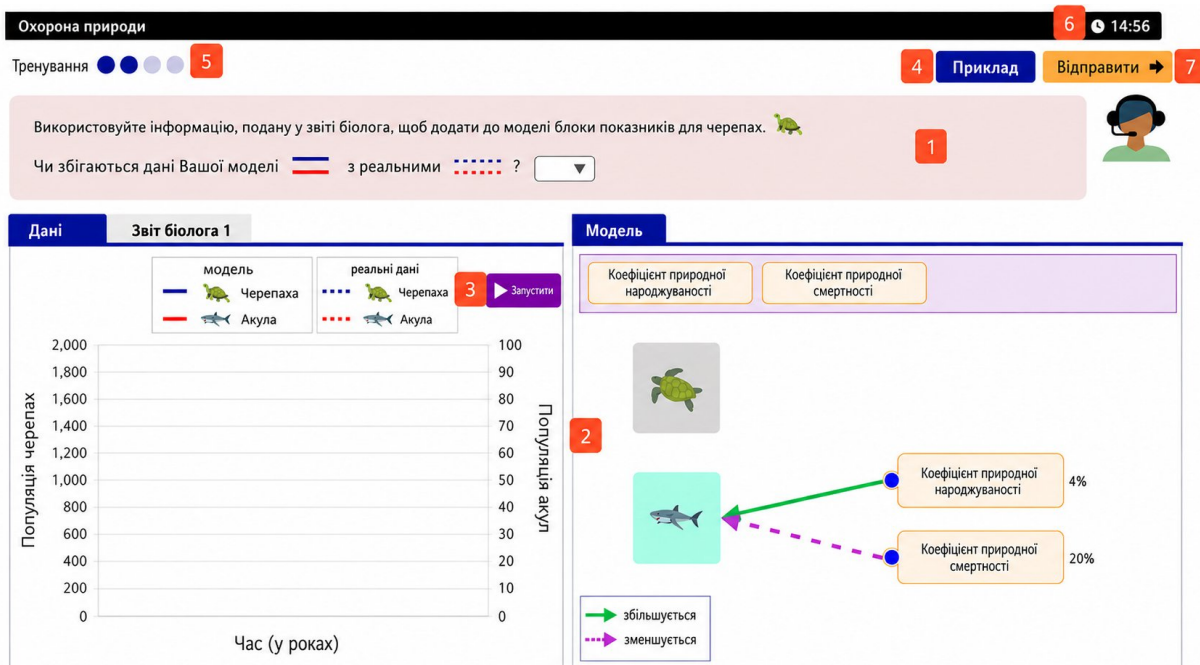
52. Ці інструменти були розроблені, щоб бути доступними й інтуїтивно зрозумілими для учнівства. Наприклад, середовища програмування на основі блоків дають змогу людям без попереднього знання складних мов програмування створювати алгоритми. Командні блоки в межах заздалегідь визначеної бібліотеки можна перетягувати в робочу область, де їх можна приєднувати до інших блоків для створення алгоритму. Блок-схеми — це ще один простий інструмент із попередньо визначеними командами, який можна використовувати для моделювання поведінки агентів або керування моделюванням. Моделі на основі агентів допомагають учнівству зрозуміти, як працюють складні системи, спостерігаючи за поведінкою системи, яка виникає в результаті взаємодії агентів (Sengupta & Wilensky, 2011).

Доступний функціонал

53. У цьому тестуванні загальний доступний функціонал завдання служить двом ключовим структурним цілям:

- (1) підтримати учнів й учениць, особливо тих, у кого низький рівень початкової підготовки, щоб вони досягли прогресу в тесті, і
- (2) отримати докази того, як учні й учениці залучаються до саморегульованих процесів навчання під час формування знань і розв'язання завдань.

Рисунок 2. Ключові елементи та доступний функціонал інтерфейсу завдання, на прикладі групи завдань «Охорона природи»



54. Ключові елементи й доступний функціонал інтерактивних завдань із відкритою формою відповіді в кожному навчальному середовищі перераховані на рисунку 2. Вони містять таке:

1. блок з інструкціями й запитаннями до завдання: ця частина містить інструкції до завдань. Мета завдання може бути представлена візуально, наприклад, відображення бажаного кінцевого стану середовища. У деяких завданнях учням і ученицям може

знадобитися відповісти на запитання в цьому просторі після створення та взаємодії з обчислювальними артефактами;

2. робоча область: учні й учениці створюють свій обчислювальний артефакт (наприклад, алгоритм, модель чи симуляцію) і переглядають його результати (наприклад, графіки й таблиці даних) у робочій області. Компонування робочої області залежить від обчислювального інструменту в кожній групі завдань. У прикладі на малюнку 2 робоча область містить інструмент для побудови графіків (вкладка «Дані»), звіт біолога (вкладка «Звіт біолога 1») та інструмент відображення концепції (вкладка «Модель»);

3. функція тестування: учні й учениці миттєво отримують зворотний зв'язок про якість свого обчислювального артефакту за допомогою доступного функціоналу тестування. Точна форма зворотного зв'язку змінюється залежно від типу обчислювального інструменту й артефакту (наприклад, візуальний зворотний зв'язок у середовищі блокового програмування). У цьому прикладі дані реального явища й моделі учнівства можна візуалізувати й порівняти за допомогою графічного інструменту у вкладці «Дані»;

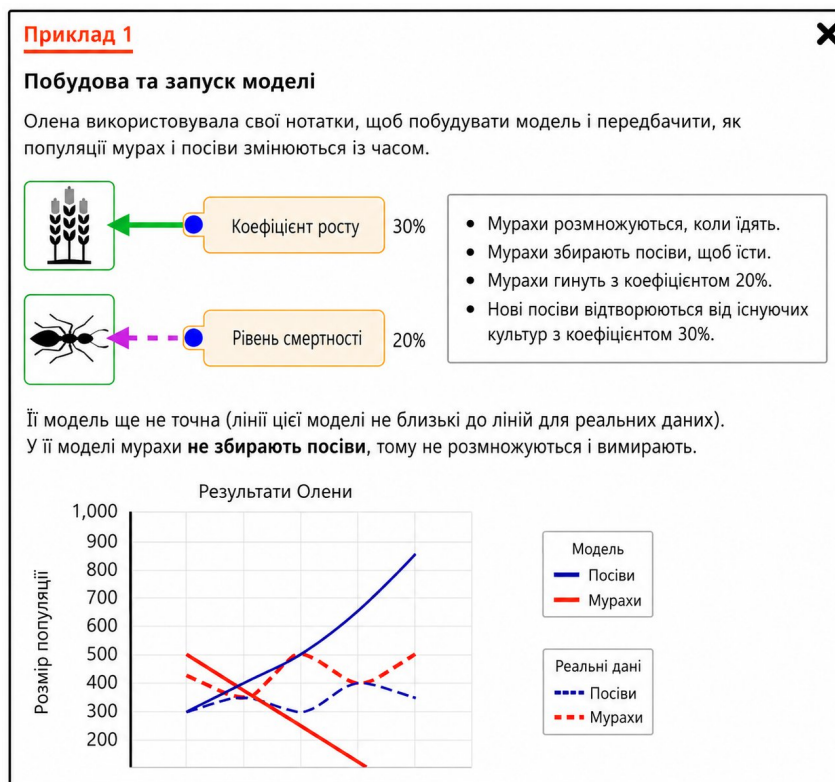
4. приклади: учні й учениці можуть переглядати функціональний і коментований розв'язок подібного завдання, а іноді можуть і взаємодіяти з ним (див. Рисунок 3);

5. панель прогресу: панель прогресу надає учнівству візуальну підказку про кількість завдань (світло-блакитні крапки) на цьому конкретному етапі та про виконані завдання (темно-блакитні крапки);

6. лічильник часу: цифровий годинник показує час, що залишився для кожного етапу групи завдань;

7. кнопка «Відправити»: учні й учениці клікають на цю кнопку, щоб надіслати свій розв'язок і перейти до наступного завдання.

Рисунок 3. Перевірений приклад, що доступний учнівству у групі завдань «Охорона природи»



4.3.2. Послідовність завдань і типи завдань

55. Дев'ять тестових блоків, кожен з яких складається з кількох завдань у цифровому навчальному середовищі, були ретельно розроблені, щоб отримати докази здатності учнівства брати участь у навчанні в цифровому світі. Хоча всі підрозділи ґрунтуються на різних сценаріях і контекстах, а також інтегрують різні обчислювальні інструменти, усі вони мають однакову внутрішню організацію. Є такі чотири основні «етапи» (див. Рисунок 4):

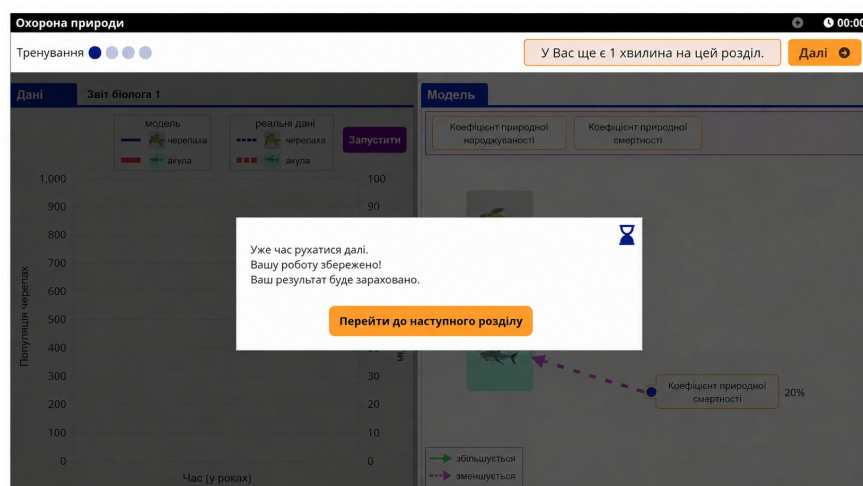
- 1) короткий вступ до розділу («Вступ») з окремими підготовчими завданнями для учнівства, щоб показати, що вони вже знають і вміють («Демонстрація»);
- 2) етап навчання, на якому учні й учениці працюють за вбудованою інструкцією і декількома інтерактивними завданнями («Тренування»);
- 3) етап застосування, коли потрібно застосувати те, чого учні й учениці навчилися, у більш складному завданні відкритого типу («Застосування»);
- 4) короткий етап рефлексії із запитаннями для самооцінки («Рефлексія»).

Рисунок 4. Організація та структура послідовності завдань у групах завдань із навчання в цифровому світі



56. Для учнів й учениць відведено певний час, щоб відповісти на завдання кожного етапу. Після завершення кожного етапу (або коли сплине час для цього етапу), учні й учениці переходять до наступного етапу групи завдань. За одну хвилину до закінчення часу, який відведено для того чи того етапу, вони отримують м'яке нагадування про час (див. Рисунок 5). Будь-який прогрес, досягнутий учнівством у виконанні завдань на попередньому етапі, буде збережено й відповідь буде зарахована.

Рисунок 5. Зразок вигулькуючого віконця з попередженням про необхідність рухатися далі



57. Загальну послідовність і тип завдань у межах кожного етапу групи завдань буде проілюстровано нижче з використанням блоку завдань під назвою «Охорона природи». У цій групі завдань учнівство дізнається про морську екосистему за допомогою інтерактивної концептуальної карти, інструменту дослідження даних та інформації зі звіту експерта. Учні й учениці представляють свої нові знання, будуючи обчислювальну модель, і використовують її для прогнозування екосистеми з метою прийняття відповідних рішень щодо охорони природи.

Вступ та етап демонстрації

58. Кожен блок завдань починається зі статичної сторінки (див. Рисунок 6), яка представляє загальну навчальну ціль цього розділу та коротко описує контекст групи завдань і сценарій проблеми. Сторінка також представляє гендерно-нейтрального комп'ютерного користувача – агента, який діє як наставник у всьому підрозділі (наприклад, представлення контексту та цілей уроку, постановка питань учнівству, скеровування учнівства через інтерфейс тощо).

59. Після вступу наводяться чотири-п'ять коротких завдань демонстраційного тесту («Демонстрація»), у яких учням і ученицям пропонують показати, що вони вже знають і вміють. Цей попередній тест слугує для вимірювання початкового рівня знань учнів й учениць, що є важливим для оцінки того, скільки та що саме вони дізнаються під час подальшого тесту. Щоб ефективно оцінити попередні знання учнівства, типи завдань на цьому етапі включають завдання з множинним вибором відповіді, завдання з відповідями «правильно / неправильно» або прості інтерактивні завдання (див. Рисунок 7, на якому наведено приклад підготовчого завдання). Такі завдання націлені на ключові концепції та практики, які учнівство має актуалізувати під час наступних інтерактивних етапів групи завдань. Наприклад, у групі завдань «Охорона природи» завдання вимірюють здатність учнівства читати та розуміти графіки, робити висновки та будувати прогнози на основі даних. На цьому етапі учнівство не має доступу до навчальних ресурсів або зворотного зв'язку.

Рисунок 6. Приклад статичної сторінки вступу до групи завдань «Охорона природи»

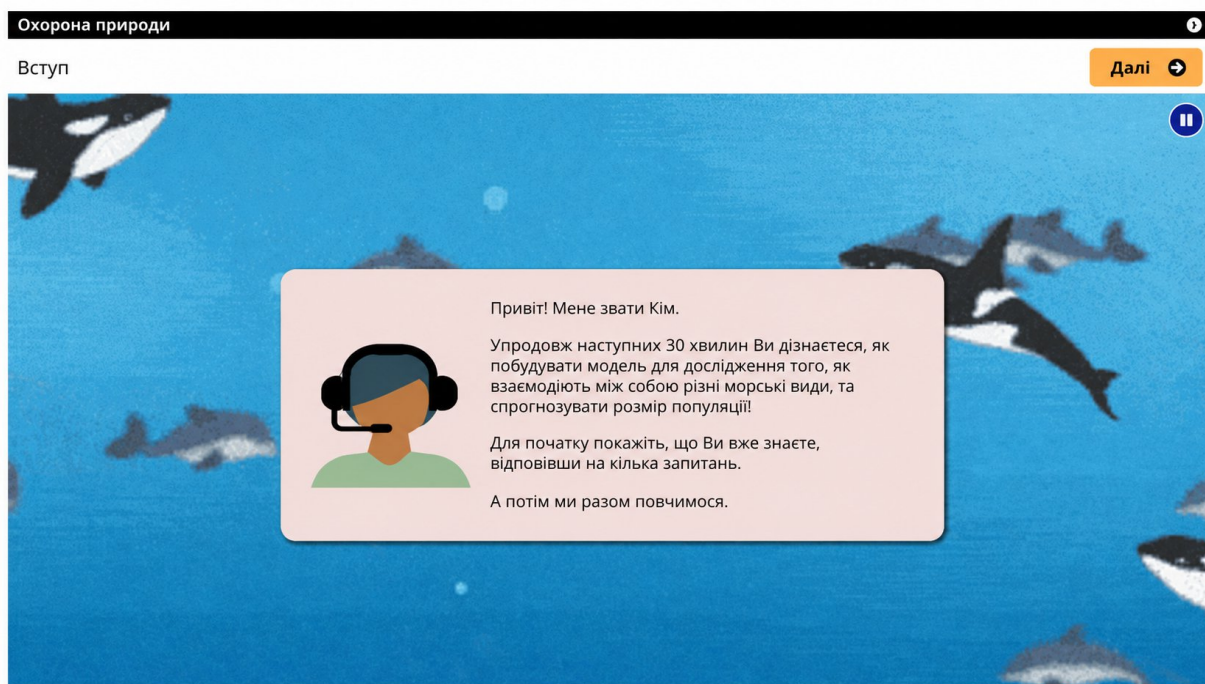
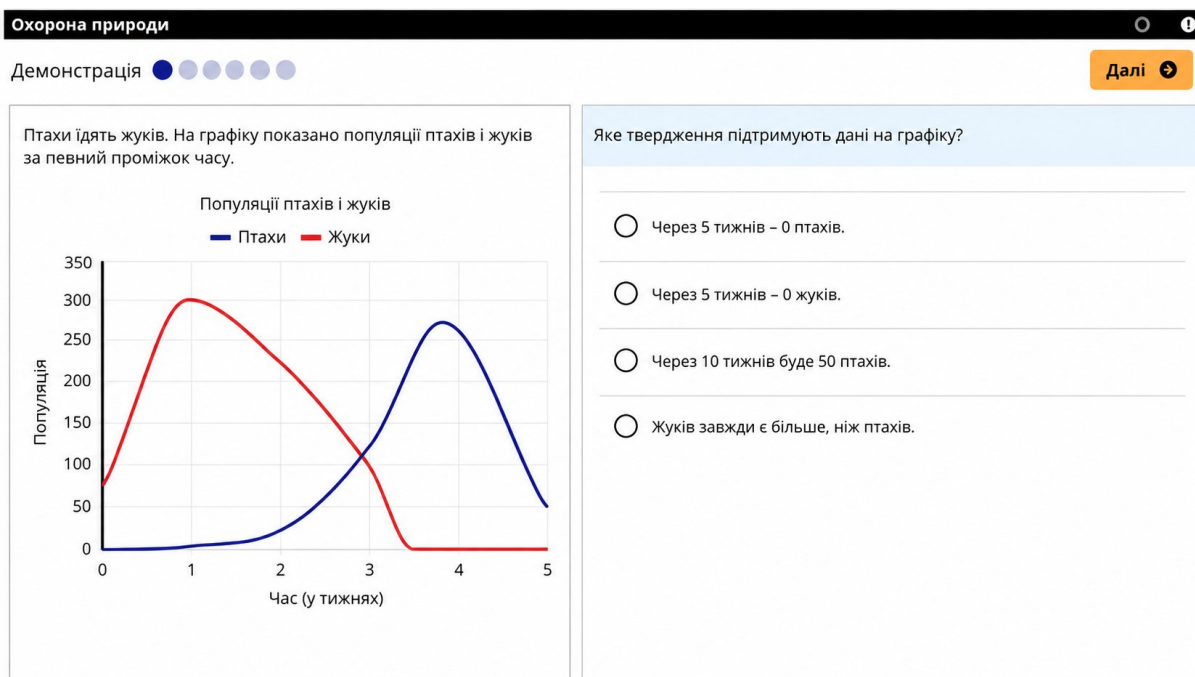


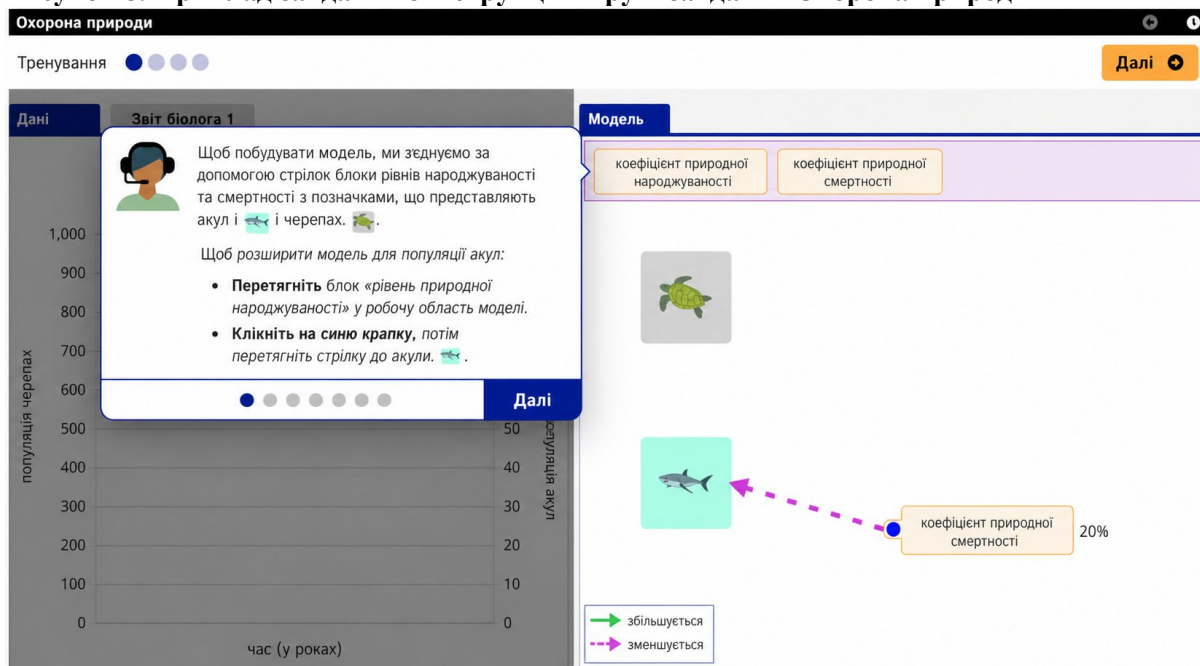
Рисунок 7. Приклад статичного підготовчого завдання на вміння читати графіки (завдання з множинним вибором відповіді)



Етап тренування

60. Етап «Тренування» складається із серії інтерактивних завдань відкритого типу, у яких учні й учениці вивчають і практикують ключові концепції та навички, пов'язані з конструктором. Навчальні цілі є конкретними, досяжними й вимірюваними: у контексті цього розділу учні й учениці мають навчитися інтегрувати інформацію зі звіту в обчислювальну модель (простим з'єднуванням блоків змінних і шляхом зміни їх значення), читати та інтерпретувати лінії на часовому графіку та проводити численні досліди / експерименти, доки не отримають таку модель, яка відповідає реальним даним.
61. Етап «Тренування» починається зі структурованої та інтерактивної навчальної інструкції під керівництвом агента-наставника щодо простих завдань у навчальному середовищі (див. Рисунок 8). Основною метою навчальної інструкції є ознайомлення учнівства з інтерфейсом, можливостями й основними функціями обчислювального інструменту в середовищі. У багатьох випадках учні й учениці переглядають короткі відеоролики, щоб зменшити навантаження на читання, і отримують указівки виконати певні дії (наприклад, перетягнути блок у робочу область, отримати доступ до прикладу тощо). Якщо учень або учениця кілька разів намагається рухатися вперед, не виконуючи дії, система автоматично продемонструє йому або їй дію, перш ніж перейти до наступного кроку. Незважаючи на те, що завдання для етапу «Тренування» ретельно розроблялися, щоб бути інтуїтивно зрозумілими й доступними, завдання і допоміжний механізм інструкції гарантують, що всі учні й учениці отримають мінімальні знання, необхідні для результативного виконання решти завдань у групі.

Рисунок 8. Приклад завдання з інструкції в групі завдань «Охорона природи»



62. Після завдань іструкції учні й учениці виконують три-чотири завдання відкритого типу з використанням обчислювальних засобів. Завдання включають кілька типів проблем, які вибрано для охоплення всіх навчальних цілей у цій групі завдань. Учні й учениці мають можливість принаймні один раз, але часто й кілька разів відпрацювати ключові поняття і навички, які їм потрібно буде поєднати в завданні етапу «Застосування».

63. Наприклад, у групі завдань «Охорона природи» просте завдання «Тренування» (див. Рисунок 2) пропонує учнівству завершити модель популяції черепах, посилаючись на спостереження зі звіту біолога. Потім учні та учениці повинні відповісти на просте запитання щодо точності їхньої моделі. В останньому завданні на етапі «Тренування» для цієї групи завдань учні та учениці досліджують вплив зовнішнього шоку на екосистему (Рисунок 9). Після кожного завдання на етапі «Тренування» учніство відповідає на питання для звіту про свою ефективність виконання цих завдань. Вони також переглядають коментований розв'язок завдання і можуть порівнювати його з власним розв'язком, щоб підтримати своє навчання (див. Рисунок 10).

Рисунок 9. Останнє завдання на етапі «Тренування»

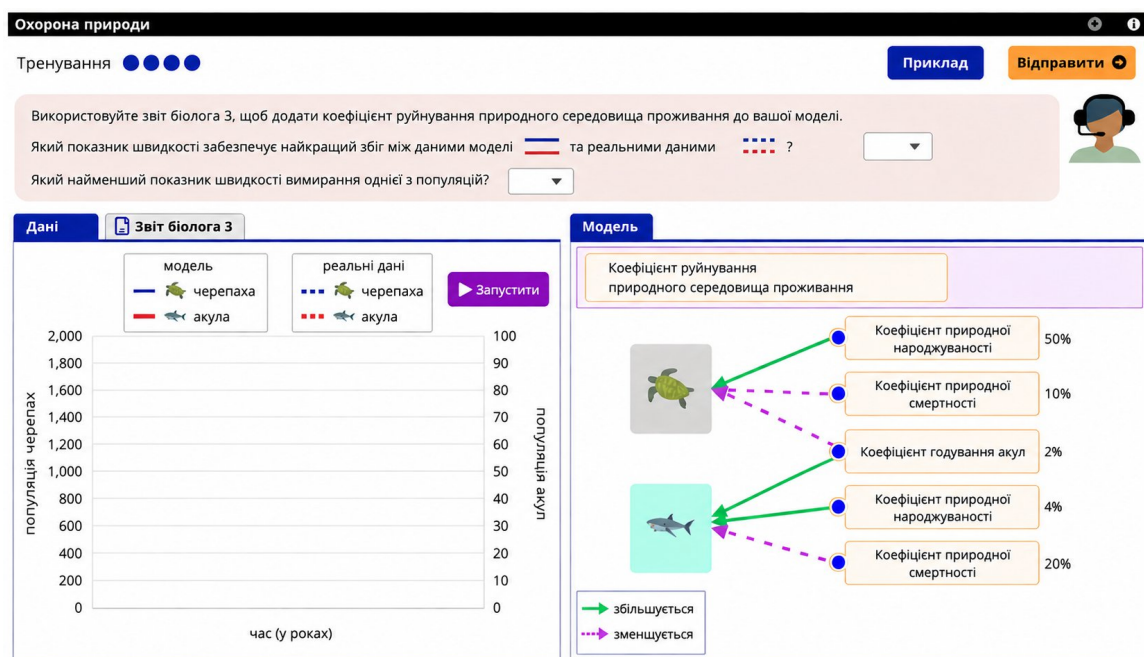
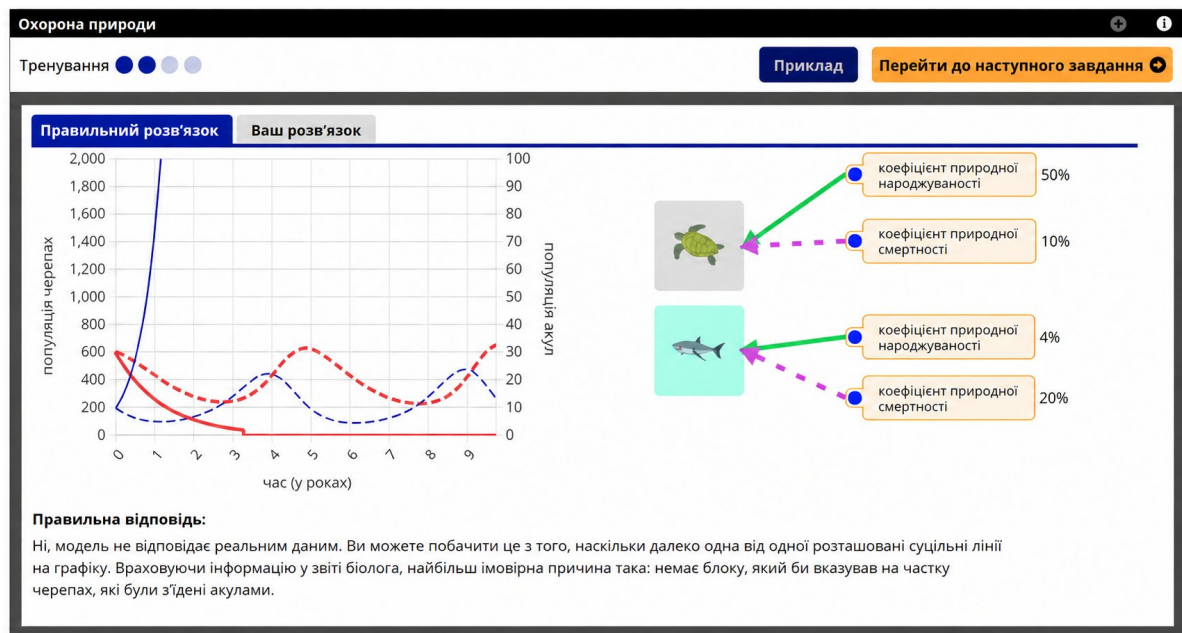


Рисунок 10. Приклад коментованого розв'язку наприкінці завдання етапу «Тренування»



Етап застосування

64. Останній інтерактивний етап блоку пропонує учням і ученицям застосувати концепції і практики, над якими вони працювали під час етапу «Тренування», розширеного завдання відкритого типу. Для деяких груп завдань цей етап складається з кількох підзавдань, щоб учні й учениці мали достатньо можливостей надати докази своєї здатності застосовувати різні практики. Наприклад, у першій частині етапу «Застосування» в групі завдань «Охорона природи» учням й ученицям пропонується створити точну модель для різних підводних видів (див. Рисунок 11). Вони повинні отримати інформацію зі звіту біолога, щоб визначити змінні для додавання до моделі й установити значення для цих змінних («побудувати та налагодити обчислювальні артефакти»), запустити модель для генерації даних («проводити експерименти та генерувати дані») і перевірити, чи точні дані порівняно з реальними даними.

(«аналізувати дані та визначити зв'язки»). Учні й учениці знайомляться з усіма цими практиками в простому контексті в перших двох розділах «тренування».

65. У другій частині (див. Рисунок 12) учні й учениці досліджують, як нова змінна впливає на систему – те, над чим вони працювали в завданні 3 на етапі «Тренування». Усі учні й учениці починають другу частину з точної моделі, навіть якщо вони не завершили першу частину успішно, щоб зменшити залежність між підзавданнями. Вони повинні продемонструвати всі три аспекти моделі компетентності для практик обчислювального розв'язання проблем шляхом правильного додавання змінної швидкості виліву до моделі («створення та налагодження обчислювальних артефактів»), тестування різних показників («проведення дослідів / експериментів») і визначення найвищої швидкості виліву, за якої популяція коралів виживе на основі їхніх результатів («аналіз даних»).

66. Ці завдання були розроблені з «низькими підлогами» та «високими стелями», що означає, що всі учні й учениці повинні мати змогу досягти принаймні якогось прогресу в розв'язанні, але більшість не зможе виконати завдання з першої спроби. На етапі «Застосування» вони можуть отримати доступ до коментованих розв'язків завдань з етапу «Тренування» (див. Рисунок 10 з прикладом розв'язку). Це зроблено, щоб допомогти тим, хто не зміг правильно реалізувати необхідні концепції і практики на попередньому етапі.

Рисунок 11. Перша частина етапу «Застосування» в групі завдань «Охорона природи»

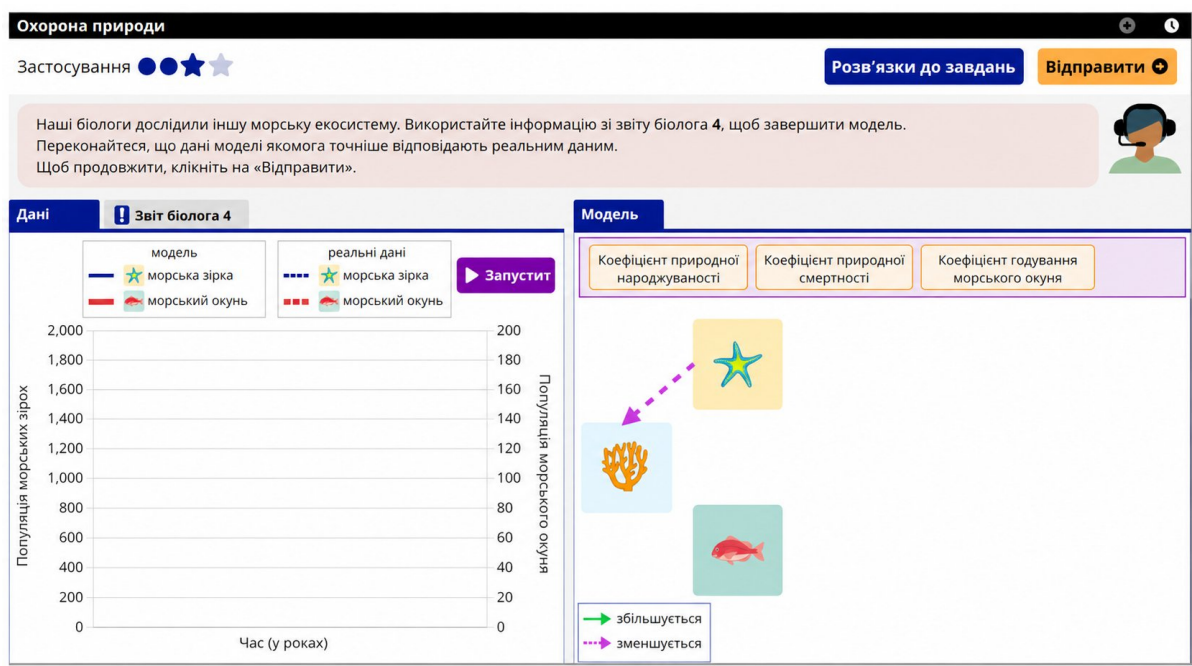
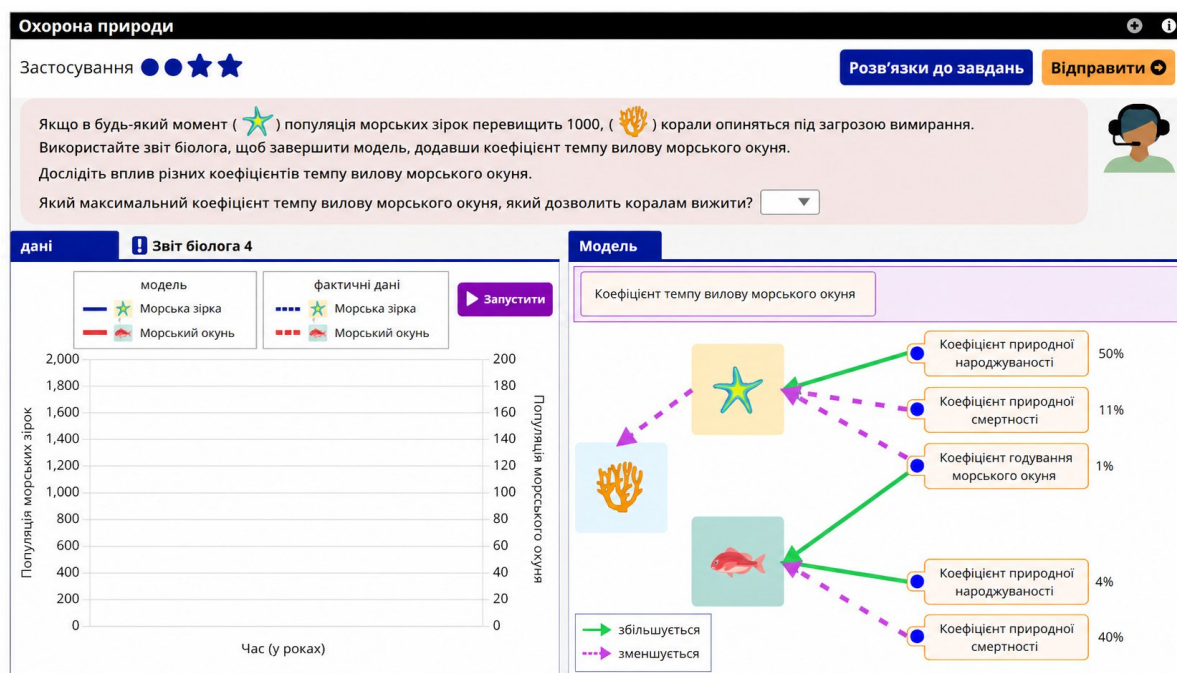


Рисунок 12. Друга частина етапу «Застосування» в завданні «Охорона природи»



Етап рефлексії

67. Завершальний етап групи завдань містить набір позиційних пунктів для самозвітування, які спрямовані на збір доказів про саморегульовані навчальні процеси учнівства протягом усього блоку завдань. Зокрема, учні й учениці відповідають на запитання про виконання ними завдань, їхні зусилля і їхній емоційний стан (див. Рисунок 13).

Рисунок 13. Запитання для самозвітування про емоційний стан учнівства

Охорона природи

Рефлексія ●●●

Далі

У кожному рядку оберіть той варіант, який найкраще описує те, як Ви зараз себе почуваєте.

1	Напружено	☐	☐	☐	☐	Спокійно
2	Не задоволений/-а своїм розв'язком	☐	☐	☐	☐	Задоволений/-а своїм розв'язком
3	Розгублено	☐	☐	☐	☐	Не розгублено
4	Мені нудно	☐	☐	☐	☐	Мені цікаво

4.3.3. Складання завдань

68. Учні та учениці, які братимуть участь у тестуванні PISA у 2025 році, витратять до однієї години на проходження двох груп завдань в оцінюванні навчання в цифровому світі. Завдання з навчання в цифровому світі організовані в кластери (блоки, модулі) по 30 хвилин відповідно до наведеної вище послідовності завдань. Кожен із 30-хвилинних кластерів (тобто одна група завдань) буде розміщений в кількох форматах комп'ютерного тестування відповідно до ротаційного дизайну тесту. Хоча деякі групи завдань не надають доказів для всіх компонентів моделі компетентностей, тест буде складено таким чином, щоб забезпечити адекватне охоплення моделі компетентностей на рівні вибірки учасників дослідження. Бажано, щоб учні й учениці виконали дві групи завдань, які включають різні обчислювальні інструменти й навчальні цілі (наприклад, одну групу, у якій вони працюють над даними симуляції, та інший блок, у якому вони пишуть комп'ютерну програму).

4.4. Модель доказів

69. Кожне завдання, яке було розроблене для оцінювання, містить детальний набір доказових правил, що описують, як відповіді учнівства та взаємодія з цифровим тестовим середовищем будуть розібрані на корисні для аналізу спостережувані показники. Модель доказів виведена з теоретичних припущень про те, що становлять собою результативні практики обчислювального розв'язання проблем і саморегульовані процеси навчання. Доказові правила для кожного завдання вдосконалювалися під час багатьох когнітивних лабораторій і пілотних досліджень і будуть додатково перевірені під час повного пілотного етапу тестування PISA-2025 (Field Trial).

70. Докази успішності учнів й учениць, саморегульованої поведінки в навчанні та навчання під час проходження тестування будуть зібрані в одне ціле з груп завдань для звітування. Стратегія звітності адаптована до передбачуваних вимог оцінювання і призначена для отримання багатовимірної інформації. Компетентність учнівства у розв'язанні комп'ютерних завдань буде оцінюватися за допомогою шкали, упорядкованої за рівнями досягнень, як це традиційно робиться в дослідженні PISA. Окрім звіту про успішність учнівства в розв'язанні проблем з використанням обчислювального мислення, це оцінювання також має на меті надати інформацію про здатність учнівства навчатися за допомогою цифрових ресурсів. Такий другий висновок буде зроблено шляхом розробки «профілів» учнів і учениць, для яких буде використано інформацію, отриману з показників їхніх саморегульованих процесів навчання, у поєднанні з доказами навчання учнівства під час тестування.

4.4.1. Правила доказів для практик обчислювального розв'язання проблем

71. Здатність учнів й учениць застосовувати практики обчислювального мислення для розв'язання проблем буде вимірюватися на основі прогресу, якого вони досягають у кожному з блоків (тобто, наскільки вони успішно виконують завдання), а також якості їхніх обчислювальних артефактів щодо заданих цілей завдання (наприклад, повнота й точність їхніх моделей або точність і можливість узагальнення їхніх алгоритмів). Показники успішності учнівства на цих практиках будуть побудовані з використанням як відповідей, так і даних процесу, зібраних у кожній групі завдань.

72. Доказові правила для інтерактивних завдань відкритого типу передбачають зарахування успішного розв'язання завдання, а також досягнення або часткове досягнення підцілей завдання. Вони визначають дії чи поведінку, які учні й учениці повинні продемонструвати в контексті кожного завдання та підцілі, скільки балів вони можуть заробити за кожну досягнуту підціль, і як ці правила відображаються на аспектах моделі компетентностей. Цей підхід повністю зараховує результат роботи тих учнів й учениць, які демонструють майстерне володіння різними аспектами, що перевіряються в завданні, а також частково зараховує результат роботи тих, хто, здається, рухається в продуктивному напрямку, але не надає повного розв'язку. Цю модель часткового зарахування також можна використовувати для створення додаткових діагностичних показників, які можуть вказувати на розуміння учнями й ученицями важливих практик і концепцій обчислювального розв'язання проблем (наприклад, чи здатні вони зрозуміти таблицю даних, чи можуть використовувати умовні оператори в програмі тощо).
73. Підхід часткового зарахування відповіді можна найкраще проілюструвати прикладом завдання. У завданні з програмування, показаному на Рисунку 14, учень або учениця має створити алгоритм, щоб наказати виконавцю у вигляді черепахи підбирати та розміщувати каміння в центрі сітчастого простору. Учень або учениця, який / яка створює програму, що досягає цілі й правильно використовує структури керування (наприклад, цикли «поки») і функції для організації та підвищення узагальненості свого алгоритму, отримає повне зарахування відповіді (див. приклад – розв'язок А
74. на Рисунку 15), натомість учень або учениця, якому / якій не вдається побудувати повну програму, яка досягає заданої цілі, але правильно використовує цикли «поки» та/або функції (або навпаки), отримає часткове зарахування відповіді (див. приклад – розв'язок В та С
75. на Рисунку 15). Залежно від складності завдання, у ньому може бути декілька категорій для часткового зарахування, які відповідають різним за якістю (частковим) розв'язкам.

Рисунок 14. Комплексне завдання на програмування в групі завдань «Черепаша Карел»

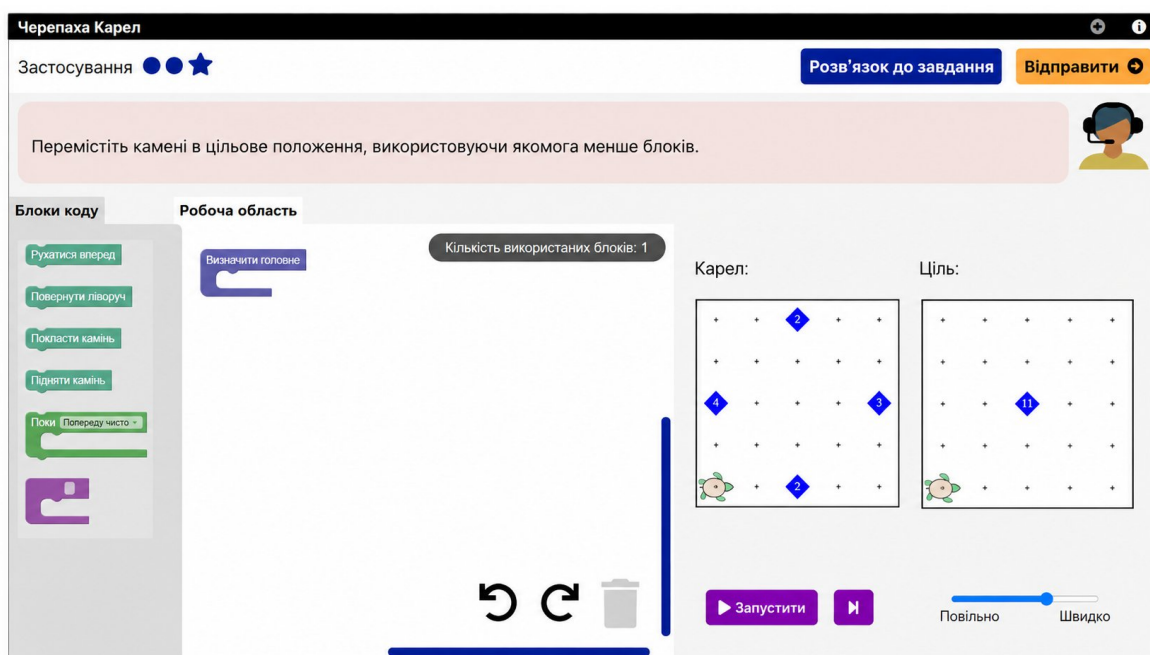


Рисунок 15. Приклад розв'язання учнівством завдання на програмування в групі завдань «Черепаша Карел»

Розв'язок А. Відповідь зараховано повністю: учень досяг цілі й правильно використав цикли «поки» і функції.

Розв'язок В. Відповідь зараховано частково: учень не досяг цілі (не зміг розмістити 11 каменів), але правильно використав функції.

Розв'язок С. Відповідь зараховано частково: учень досяг цілі, але використав цикли «поки» і функції неправильно.

4.4.2. Доказові правила для саморегульованих процесів навчання

76. Мета такого набору доказових правил полягає в тому, щоб описати ступінь, до якого учні й учениці застосовують саморегульовану навчальну поведінку, наприклад, перевірку свого розуміння і відстеження зворотного зв'язку для досягнення прогресу у виконанні завдань. Ці правила створюють показники, які можна згрупувати у дві групи:

- 1) показники саморегульованої поведінки в навчанні і

2) показники навчання за тестом.

Перша група показників зіставляється з трьома аспектами саморегульованих процесів навчання в моделі компетентностей (спостереження за прогресом та адаптацією, оцінка успішності й підтримка мотивації та залученість до виконання завдань).

Показники навчання за тестом вимірюють, наскільки покращуються знання і розуміння учнівством цільових понять у результаті опрацювання завдань у блоці.

77. Показники визначаються з використанням комбінації аналітичних підходів із застосуванням теорії та даних (theory-driven and data-driven analytical approaches). Теоретичні підходи ґрунтуються на судженнях експертного кола щодо того, що є «продуктивною» саморегульованою навчальною поведінкою в контексті завдань із навчання в цифровому світі (LDW). Наприклад, для аспекту «стеження й адаптування» теорія припускає, що продуктивне саморегульоване навчання буде продемонстровано учнями й ученицями, які перевірятимуть, чи є їхня робота правильною чи ні. Наприкінці кожного навчального завдання вони мають можливість порівняти свій розв'язок із коментованим експертним розв'язком. Теорія припускає, що ті учні й учениці, які не впевнені в результаті своєї роботи, але добре контролюють своє навчання, витратять час на перегляд своєї роботи. Час, який вони витрачають на порівняння свого розв'язку з експертним розв'язком, можна оцінити, використовуючи інформацію з даних процесу (Рисунок 16).
78. Застосування цих правил часто є складним, оскільки деякі із цих адаптивних форм поведінки залежать від рівня здібностей учнівства. Розглянемо, наприклад, продуктивні / успішні процеси пошуку допомоги. Ця важлива здатність до навчання визначається двома різними способами поведінки: рішенням звернутися по допомогу, коли це необхідно, і вибором продовжити роботу після отриманої допомоги. Учням й ученицям, які знають, як знайти рішення, не потрібно звертатися по допомогу, тобто продуктивний пошук допомоги не характерний для цих учнів й учениць, а отже, немає можливості підтвердити це. Щоб розробити показник продуктивного пошуку допомоги, необхідно спочатку визначити тих учнів і учениць, які «застрягли» й потребують допомоги (Рисунок 17). Це можна зробити, перевіряючи дані процесу та визначаючи, чи «застрягли» вони під час виконання завдання. Цей стан можна позначити, наприклад, часовим інтервалом або послідовністю дій, коли не спостерігається прогресу в досягненні цілі завдання.
79. Однак інтерпретація значення послідовностей подій у даних процесу не завжди проста. Наприклад, коли учні й учениці не виконують жодних дій (тобто вони не взаємодіють із навчальним середовищем), важко відрізнити тих, які роблять паузу для роздумів, і тих, хто просто нічого не робить. Це означає, що всі докази і правила та підсумкові показники для процесів саморегулювання навчання потребують ретельної перевірки.

Рисунок 16. Приклад дерев рішень для показників саморегульованого навчання на основі теорії: перевірка експертного розв'язку

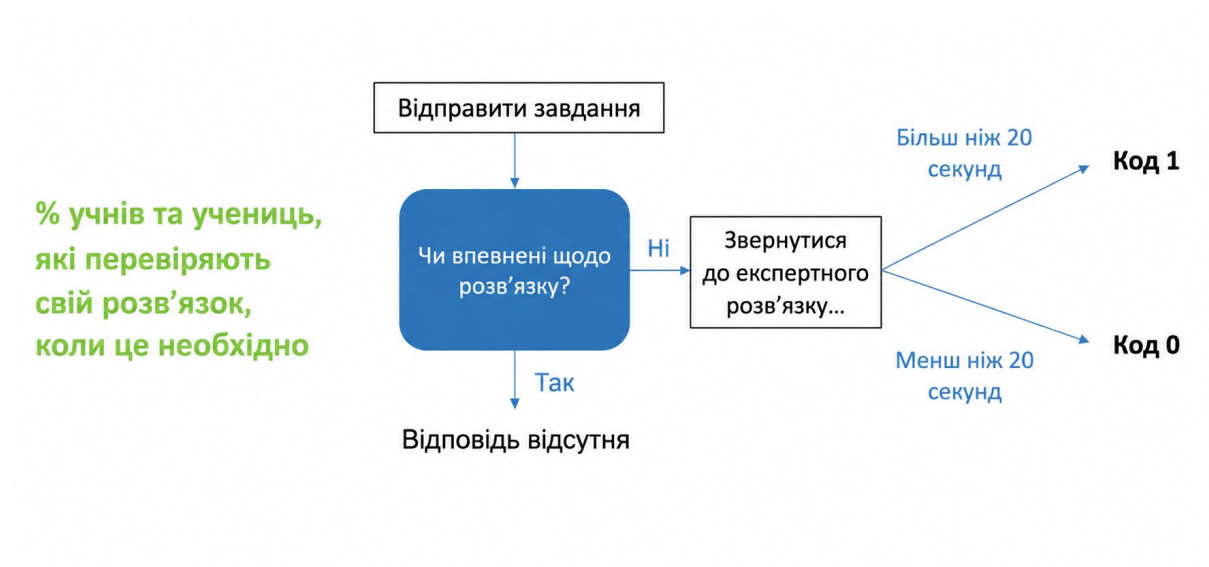
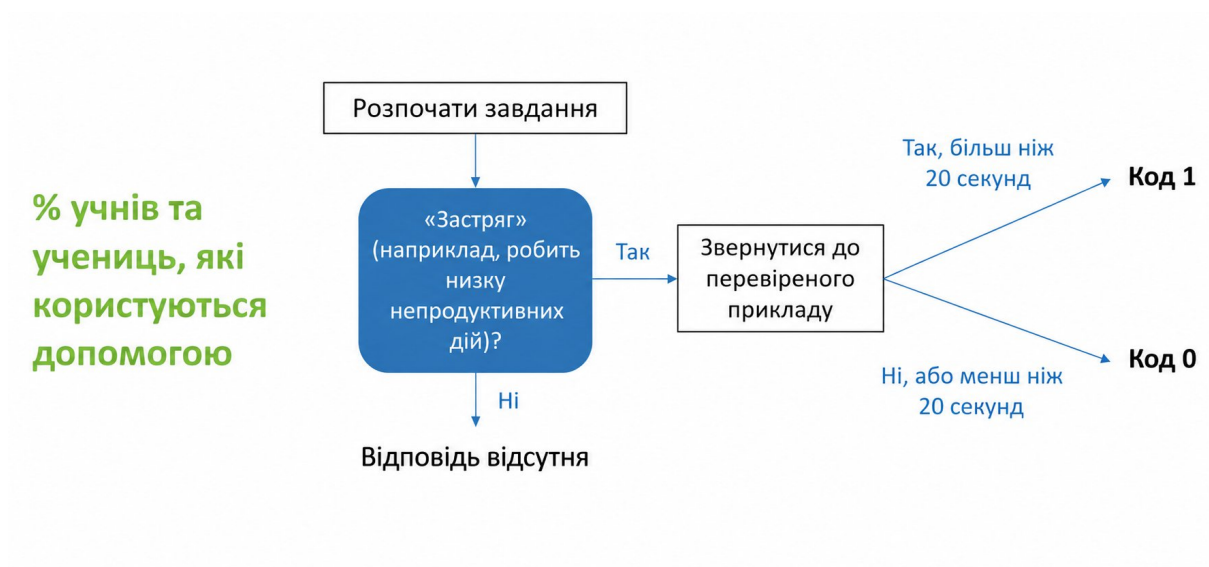


Рисунок 17. Приклад дерев рішень для показників саморегульованого навчання на основі теорії: пошук допомоги



80. На додаток до доказових правил, що керуються теорією, підходи, керовані даними, можуть бути використані для створення показників саморегульованих процесів навчання. Наприклад, аналіз контекстуалізованого створення послідовності можна використовувати для оцінки відмінностей у стратегіях навчання між типами учнівства. Цей підхід відфільтровує нерелевантні дії і поєднує якісно подібні дії в обмежену кількість різних «поведінкових» категорій. Наприклад, для блоку завдань «Охорона природи» модель завдання вказує на те, що учні й учениці можуть виконувати такі види дій:

- 1) отримувати інформацію про екосистему, звертаючись до звіту біолога;
- 2) будувати моделі шляхом об'єднання змінних або зміни значень для змінних;

- 3) перевіряти правильність моделі шляхом запуску моделі та генерації даних;
- 4) шукати допомоги, звертаючись до прикладів.

Є можливість визначити часті послідовності цих типів дій, які можна охарактеризувати як «продуктивні» або «непродуктивні» на основі їхнього зв'язку з успішністю учня або учениці та з досягненнями в навчанні під час виконання завдань у групі.

81. Показники мотиваційного й емоційного стану учнівства будуть розроблені з використанням інформації в самозвітах, які представлені до та після етапу «Застосування». На сторінках таких самозвітів учнів й учениць запитують про те, як вони ставляться до свого виконання завдання, яких зусиль вони доклали і який їхній емоційний стан після виконання завдань. Прості показники можна побудувати на основі даних про частку учнів й учениць, які надали ті чи ті відповіді (наприклад, частка тих, хто повідомляє, що відчуває нудьгу або розгубленість). Більш складні показники також можна отримати, об'єднавши ці дані з даними процесу, наприклад, об'єднавши рівень зусиль, про який учні й учениці повідомляють у самозвіті, з рівнем їх активності в навчальному середовищі.
82. За допомогою вивчення різних методів отримуємо оцінку навчання учнівства виконувати окремі завдання і завдання в усій групі. Найпростіші із цих методів ґрунтуються на регресійному аналізі успішності учнівства у виконанні інтерактивних завдань «Тренування» і «Застосування» щодо успішності виконання підготовчих завдань: очікується, що учні й учениці, які справляються із цими інтерактивними завданнями краще, ніж передбачувало їхніми результатами виконання підготовчих завдань, навчилися більшого під час виконання блоку. Інші більш складні підходи, такі як моделі динамічної байєсової мережі (DBN) (Леві, 2019^[71]), можуть бути використані для моделювання оволодіння різними компетентностями в різні моменти часу (або між завданнями на початковому й пізнішому етапах групи завдань), з моделюванням попередніх рівнів здібностей, що впливають на кінцеві рівні здібностей.
83. Ці показники саморегульованих процесів навчання будуть об'єднані для звітування з метою пролити світло на можливості покращити те, як учні й учениці залучаються до розв'язання складних завдань у цифровому середовищі. Одним із варіантів узагальнення цієї складної інформації у форматі, доступному для політиків і широкої громадськості, є розробка кількох загальних «профілів учнівства». Учні й учениці будуть класифіковані за профілями відповідно до того, чого вони навчилися під час виконання завдань у групі, і відповідно до саморегульованих процесів навчання, які вони демонструють. Наприклад, один із таких профілів може представляти «зацікавлених учнів й учениць», які досягають прогресу у своїх знаннях, використовуючи навчальні ресурси й ефективно діючи з урахуванням зворотного зв'язку. Інші учні й учениці можуть бути об'єднані в якусь одну групу, оскільки вони мають спільні риси «розгублених угадувачів», які виконують багато дій без логічного зв'язку й не досягають бажаного прогресу.

- Ackermann, E. (2001), *Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference?*,
http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20_%20Papert.pdf. [8]
- Avvisati, F. (2019), "Is there a generational divide in environmental optimism?", *PISA in Focus*, No. 95, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/04677bea-en>. [73]
- Bandura, A. (2001), "Social Cognitive Theory of Mass Communication", *Media psychology* 3, pp. 265–99, http://cogweb.ucla.edu/crp/Media/Bandura_01.pdf. [47]
- Bandura, A. (1993), "Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning", *Educational Psychologist*, Vol. 28/2, pp. 117-148,
https://doi.org/10.1207/s15326985ep2802_3. [66]
- Basu, S. and G. Biswas (2016), "Providing Adaptive Scaffolds and Measuring Their Effectiveness in Open Ended Learning Environments", in Looi, C. et al. (eds.), *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS)*, Singapore: International Society of the Learning Sciences. [26]
- Basu, S., G. Biswas and J. Kinnebrew (2017), "Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment", *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 27/1, pp. 5-53, <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9187-0>. [27]
- Basu, S. et al. (2012), *A Science Learning Environment using a Computational Thinking Approach*, <https://www.researchgate.net/publication/256065501>. [37]
- Biswas, G., J. Segedy and K. Bunchongchit (2015), "From Design to Implementation to Practice a Learning by Teaching System: Betty's Brain", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 26/1, pp. 350-364,
<https://doi.org/10.1007/s40593-015-0057-9>. [31]
- Bodner, G. (1986), "Constructivism: A theory of knowledge", *Journal of Chemical Education*, Vol. 63/10, p. 873, <https://doi.org/10.1021/ed063p873>. [4]
- Brennan, K. and M. Resnick (2012), *Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design*,
<http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>. [24]
- Chinn, C. and W. Brewer (1993), "The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction", *Review of Educational Research*, Vol. 63/1, pp. 1-49,
<https://doi.org/10.3102/00346543063001001>. [59]
- Clapp, E. et al. (2017), "Maker-Centered Learning: Empowering Young People to Shape Their Worlds", NJ: John Wiley & Sons, Hoboken. [2]
- Cole, M. et al. (eds.) (1978), *Mind in Society*, Harvard University Press,
<https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>. [9]
- Collins, A., J. Brown and S. Newman (1989), "Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics", in Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser, Lawrence Erlbaum Associates, Inc. [5]
- de Jong, T. (2006), "Technological Advances in Inquiry Learning", *Science*, Vol. 312/5773, pp. 532-533, <https://doi.org/10.1126/science.1127750>. [54]
- de Jong, T., S. Sotiriou and D. Gillet (2014), "Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs", *Smart Learning Environments*, Vol. 1/1,
<https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>. [33]
- Dedić, Z. (2014), "Metacognitive Knowledge in Relation to Inquiry Skills and Knowledge Acquisition Within a Computer-Supported Inquiry Learning Environment", *Psychological Topics*, Vol. 23, pp. 115-141. [43]
- Dweck, C. and E. Leggett (1988), "A social-cognitive approach to motivation and personality.", *Psychological Review*, Vol. 95/2, pp. 256-273,
<https://doi.org/10.1037/0033-295x.95.2.256>. [65]
- Eccles, J. et al. (1983), "Expectancies, values and academic behaviors", in Spence, J. (ed.), *Achievement and achievement motivation*, W.H.Freeman, San Francisco. [63]

- Efklides, A. (2011), "Interactions of Metacognition With Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The MASRL Model", *Educational Psychologist*, Vol. 46/1, pp. 6-25, <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.538645>. [50]
- Erikson, R. et al. (2005), "On class differentials in educational attainment.", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 102/27, pp. 9730-3, <https://doi.org/10.1073/pnas.0502433102>. [74]
- Flake, J. et al. (2015), "Measuring cost: The forgotten component of expectancy-value theory", *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 41, pp. 232-244, <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.03.002>. [62]
- Fraillon, J. et al. (2014), *Preparing for Life in a Digital Age: the IEA International Computer and Information Literacy Study International Report*, Springer International Publishing, Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14222-7>. [68]
- Fredricks, J., P. Blumenfeld and A. Paris (2004), "School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence", *Review of Educational Research*, Vol. 74/1, pp. 59-109, <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>. [52]
- Galaup, M. et al. (2015), "Mecagenius : An Innovative Learning Game for Mechanical Engineering", *International Journal of Engineering Education*, Vol. 31, pp. 786-797, <http://sam.ensam.euHandleID:http://hdl.handle.net/10985/9485>. [35]
- Glaser, R. et al. (1992), "Scientific Reasoning Across Different Domains", in de Corte, E. et al. (eds.), *Computer-Based Learning Environments and Problem Solving*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, https://doi.org/10.1007/978-3-642-77228-3_16. [55]
- Hanushek, E. and L. Woessmann (2015), *Universal Basic Skills: What Countries Stand to Gain*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264234833-en>. [75]
- Hsieh, P. (2011), "Mastery Orientation", in Goldstein, S. and J. Naglieri (eds.), *Encyclopedia of Child Behavior and Development*, Springer US, Boston, MA, https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9_1722. [64]
- Hutchins, N. et al. (2020), "Domain-Specific Modeling Languages in Computer-Based Learning Environments: a Systematic Approach to Support Science Learning through Computational Modeling", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 30/4, pp. 537-580, <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00209-z>. [40]
- Järvelä, S. and A. Hadwin (2015), "Promoting and researching adaptive regulation: New Frontiers for CSCL research", *Computers in Human Behavior*, Vol. 52, pp. 559-561, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.006>. [42]
- Järvelä, S., H. Järvenoja and H. Muukkonen (2021), "Motivation in collaborative inquiry environments", in Chinn, C. et al. (eds.), *International handbook of inquiry and learning*, Routledge. [48]
- Järvenoja, H. et al. (2018), "Capturing motivation and emotion regulation during a learning process", *frontline Learning Research*, pp. 85-104, <https://doi.org/10.14786/flr.v6i3.369>. [51]
- Kaffash, H. et al. (2010), "A Close Look in to Role of ICT in Education", *International Journal of Instruction*, Vol. 3/2, <http://www.e-iji.net>. [11]
- Keselman, A. and D. Kuhn (2002), "Facilitating Self-Directed Experimentation in the Computer Environment", <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.16.8607&rep=rep1&type=pdf>. [44]
- Kim, C. et al. (2015), "From Motivation to Engagement: The Role of Effort Regulation of Virtual High School Students in Mathematics Courses", *Journal of Educational Technology & Society*, Vol. 18/4, pp. 261-272, <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.4.261>. [53]
- Klahr, D., A. Fay and K. Dunbar (1993), "Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental Study", *Cognitive Psychology*, Vol. 25/1, pp. 111-146, <https://doi.org/10.1006/cogp.1993.1003>. [60]
- Krajcik, J. (2015), "Three-Dimensional Instruction: Using a New Type of Teaching in the Science Classroom", *Science Scope*, Vol. 039/03, https://doi.org/10.2505/4/ss15_039_03_16. [30]
- Kuhn, D. et al. (2000), "The Development of Cognitive Skills to Support Inquiry Learning", *Cognition and Instruction*, Vol. 18/4, pp. 495-523. [45]

- Levy, R. (2019), "Dynamic Bayesian Network Modeling of Game-Based Diagnostic Assessments", *Multivariate Behavioral Research*, Vol. 54/6, pp. 771-794, <https://doi.org/10.1080/00273171.2019.1590794>. [71]
- Lloyd, M. (2005), Towards a definition of the integration of ICT in the classroom. [14]
- Maddux, C., D. Johnson and J. Willis (2001), "Educational computing: Learning with tomorrow's technologies", Allyn & Bacon, Boston. [17]
- Maloney, J. et al. (2010), "The Scratch Programming Language and Environment", *ACM Transactions on Computing Education*, Vol. 10/4, pp. 1-15, <https://doi.org/10.1145/1868358.1868363>. [39]
- Mhlongo, S., R. Dlamini and S. Khoza (2017), A conceptual view of ICT in a socio-constructivist classroom. [18]
- Mioduser, D. et al. (2003), "Analysis schema constructivist classroom", *Education and Information Technologies*, Vol. 8/1, pp. 23-36, <https://doi.org/10.1023/a:1023922207476>. [15]
- Mislevy, R. et al. (1999), "A cognitive task analysis with implications for designing simulation-based performance assessment", *Computers in Human Behavior*, Vol. 15/3-4, pp. 335-374, [https://doi.org/10.1016/s0747-5632\(99\)00027-8](https://doi.org/10.1016/s0747-5632(99)00027-8). [70]
- Moos, D. and R. Azevedo (2009), "Learning With Computer-Based Learning Environments: A Literature Review of Computer Self-Efficacy", *Review of Educational Research*, Vol. 79/2, pp. 576-600, <https://doi.org/10.3102/0034654308326083>. [67]
- OECD (2020), PISA 2018 Results (Volume VI): Are Students Ready to Thrive in an Interconnected World?, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/d5f68679-en>. [72]
- OECD (2019), Learning Compass 2030, <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/>. [3]
- OECD (2019), PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>. [1]
- OECD (2019), "PISA 2021 ICT Framework", <https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2021-ICT-Framework.pdf>. [12]
- Panadero, E. (2017), "A Review of Self-regulated Learning: Six Models and Four Directions for Research", *Frontiers in Psychology*, Vol. 8, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>. [41]
- Papert, S. (1986), Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education. A Proposal to the National Science Foundation, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group. [10]
- Papert, S. (1980), "Mindstorms: children, computers, and powerful ideas", Basic Books, New York. [38]
- Papert, S. and I. Harel (1991), "Situating constructionism", in Harel, I. and S. Papert (eds.), Constructionism, Ablex Publishing Corporation, Norwood NJ, <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>. [20]
- Pedaste, M. et al. (2015), "Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle", *Educational Research Review*, Vol. 14, pp. 47-61, <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>. [28]
- Piaget, J. (1976), "Piaget's Theory", in Piaget and His School, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2. [7]
- Piaget, J. (1971), "Psychology and Epistemology: Towards a Theory of Knowledge", Grossman, New York. [6]
- Pintrich, P. and E. De Groot (1990), "Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance.", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 82/1, pp. 33-40, <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>. [46]
- Puentedura, R. (2011), Metaphors, Models, and Flows: Elements for a Cartography of Technology In Learning, <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2011/11/23/MetaphorsModelsFlows.pdf>. [16]
- Quintana, C. et al. (2004), "A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry", *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13/3, pp. 337-386, https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4. [58]
- Rowe, J. et al. (2009), Crystal Island: A Narrative-Centered Learning Environment for [34]

- Eighth Grade Microbiology, <https://www.researchgate.net/publication/255576748>. [49]
- Saab, N., W. van Joolingen and B. van Hout-Wolters (2009), “The relation of learners’ motivation with the process of collaborative scientific discovery learning”, *Educational Studies*, Vol. 35/2, pp. 205-222, <https://doi.org/10.1080/03055690802470357>. [13]
- Salomon, G. and D. Perkins (2005), “Do technologies make us smarter? Intellectual amplification with, of and through technology”, in Sternberg, R. and D. Preiss (eds.), *The educational psychology series. Intelligence and technology: The impact of tools on the nature and development of human abilities*, Lawrence Erlbaum Associates Publisher. [56]
- Schauble, L. et al. (1991), “Causal Models and Experimentation Strategies in Scientific Reasoning”, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 1/2, pp. 201-238, https://doi.org/10.1207/s15327809jls0102_3. [25]
- Sengupta, P. et al. (2013), “Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework”, *Education and Information Technologies*, Vol. 18/2, pp. 351-380, <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>. [69]
- Thompson, L., J. Meriac and J. Cope (2002), “Motivating Online Performance”, *Social Science Computer Review*, Vol. 20/2, pp. 149-160, <https://doi.org/10.1177/089443930202000205>. [19]
- Tubin, D. (2006), “Typology of ICT Implementation and Technology Applications”, *Computers in the Schools*, Vol. 23/1-2, pp. 85-98, https://doi.org/10.1300/j025v23n01_08. [22]
- Valente, J. and P. Blikstein (2019), “Maker Education: Where Is the Knowledge Construction?”, *Constructivist Foundations*, Vol. 14/3, pp. 252-262, <https://constructivist.info/14/3/252.valente>. [57]
- van Riesen, S. et al. (2018), “The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context”, *International Journal of Science Education*, Vol. 40/11, pp. 1327-1344, <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477263>. [61]
- Wecker, C., C. Kohnle and F. Fischer (2007), “Computer literacy and inquiry learning: when geeks learn less”, *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 23/2, pp. 133-144, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00218.x>. [29]
- Weintrop, D. et al. (2016), “Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms”, *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 25/1, pp. 127-147, <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>. [32]
- Wieman, C., W. Adams and K. Perkins (2008), “PhET: Simulations That Enhance Learning”, *Science*, Vol. 322/5902, pp. 682-683, <https://doi.org/10.1126/science.1161948>. [36]
- Wilensky, U. (1999), *NetLogo*, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. [21]
- Wing, J. (2006), “Computational thinking”, *Communications of the ACM*, Vol. 49/3, pp. 33-35, <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>. [23]
- Zhang, N. and G. Biswas (2019), “Defining and Assessing Students’ Computational Thinking in a Learning by Modeling Environment”, in *Computational Thinking Education*, Springer Singapore, Singapore, https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_12.