

*Олексюк Б. Ю., магістрант,  
Єфіменко А. А., к.т.н., доц., завідувач  
кафедри комп'ютерної інженерії та кібербезпеки,  
Вакалюк Т. А., д.пед.н., проф., професор  
кафедри інженерії програмного забезпечення  
Державний університет «Житомирська політехніка»*

## СТАНДАРТИ ВІДТВОРЮВАНOSTI ДЛЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В НАУКАХ ПРО ЖИТТЯ

Щоб зробити аналіз машинного навчання в науках про життя більш відтвореним з точки зору обчислень, ми пропонуємо стандарти, засновані на даних, моделях і публікаціях коду, найкращих методах програмування та автоматизації робочого процесу. Дотримуючись цих стандартів, спільнота дослідників, які застосовують методи машинного навчання в науках про життя, може гарантувати, що їхні аналізи гідні довіри. [1]

Щоб моделі машинного навчання в науках про життя заслужили довіру, вчені повинні поставити пріоритет відтворюваності обчислень. Тобто треті сторони повинні мати можливість отримати ті ж результати, що й оригінальні автори, використовуючи їхні опубліковані дані, моделі та код. Роблячи це, дослідники можуть забезпечити точність звітних результатів і виявити упередження в моделях. [2]

Аналізи та моделі, які можна відтворити третіми сторонами, можуть бути детально досліджені і, зрештою, заслуговують довіри. З цією метою ми вважаємо, що спільнота наук про життя має прийняти норми та стандарти, які лежать в основі відтворюваних досліджень машинного навчання.

Оскільки в багатьох випадках важко нав'язати єдиний стандарт, який поділяє роботу на «відтворювану» та «невідтворювану», замість цього ми пропонуємо меню з трьох стандартів із різним ступенем суворості для відтворюваності обчислень. [3]

**Бронзовий стандарт.** Автори роблять загальнодоступними дані, моделі та код, використані в аналізі. Бронзовий стандарт є мінімальним стандартом відтворюваності. Без даних, моделей і коду неможливо відтворити твір.

**Срібний стандарт.** На додаток до відповідності бронзовому стандарту: залежності аналізу можна завантажити та встановити за допомогою однієї команди; ключові деталі для відтворення роботи задокументовані, включаючи порядок запуску сценаріїв аналізу, використовувану операційну систему та вимоги до системних ресурсів; всі випадкові компоненти в аналізі встановлені як детерміновані.

Срібний стандарт є проміжною точкою між мінімальною доступністю та повною автоматизацією. Відтворення творів, які відповідають цьому стандарту, займе набагато менше часу, ніж тих, які відповідають лише бронзовому стандарту. [4]

**Золотий стандарт.** Робота відповідає срібному стандарту, і автори дозволяють відтворити аналіз за допомогою однієї команди. Золотим стандартом відтворюваності є повна автоматизація. Коли робота відповідає цьому стандарту, науковець не потребує практично ніяких зусиль, щоб її відтворити. [5]

Стандарти зосереджені на обчислювальній відтворюваності аналізів за допомогою машинного навчання. Стандарти для програмного забезпечення, призначеного для повторного використання, такі як програмні пакети та утиліти, мали б ширшу сферу застосування та охоплювали б більше тем. На додаток до наших стандартів таке програмне забезпечення має використовувати модульне тестування, слідувати вказівкам щодо стилю коду, мати чітку документацію та забезпечувати сумісність між основними операційними системами, щоб відповідати золотому стандарту для цього типу дослідницького продукту. [6]

Зрештою, відтворюваність у обчислювальному дослідженні часто порівняно легка в порівнянні з експериментальними науковими дослідженнями. Комп'ютери призначені для багаторазового виконання одних і тих же завдань з однаковими результатами. Якщо ми хочемо, щоб науки про життя лідирували у достовірних дослідженнях, які можна перевірити, то встановлення стандартів відтворюваності обчислень є хорошим місцем для початку.

### Список використаних джерел

1. Abadi, M. et al. Proc. ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security S.) 308–318 (ACM, 2016).
2. Karimzadeh, M. & Hoffman, M. M. Bioinformatics 19, 693–699 (2018).
3. Stodden, V., Borwein, J. & Bailey, D. H. Comput. Sci. Res. SIAM News 46, 4–6 (2013).
4. Norgeot, B. et al. Nat. Med. 26, 1320–1324 (2020).
5. Mongan, J., Moy, L. & Kahn, C. E. Jr Radiol. Artif. Intell. 2, e200029 (2020).
6. Fischer, D. S. et al. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.12.16.419036v1> (2020).