УДК 004.89:004.852:004.82

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ У БАЗІ МОДЕЛЬНИХ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Білоніг А.В.[1]; Голуб С.В., д.т.н., проф.[2]
[1,2] Черкаський державний технологічний університет
[1, 2] Україна, Черкаси
[1] a.v.bilonih.asp23@chdtu.edu.ua; [2] s.holub@chdtu.edu.ua

Анотація. *Під час дослідження було розглянуто доцільність навчання моделей для кожного нового завдання системи моніторингу, методи реалізації повторного використання моделей, структуру та особливості бази модельних знань. Проведено оцінку ефективності повторного використання моделей збережених у базі модельних знань у порівнянні з повторним навчанням моделей.*
Ключові слова: *база модельних знань; повторне використання моделей; інтелектуальний моніторинг; машинне навчання; класифікація.*

Вступна частина. Сучасні інтелектуальні системи моніторингу призначені для спостереження за одним, або кількома об’єктами з подальшою класифікацією та аналізом даних з метою забезпечення систем прийняття рішень необхідними даними [1]. Традиційний підхід передбачає використання однієї або декількох моделей для конкретної задачі. Розробка та навчання таких моделей потребують значних обчислювальних ресурсів і часу, що може ускладнювати адаптацію системи до нових завдань. Одним із можливих варіантів вирішення цієї проблеми є повторне використання раніше навчених моделей, що впорядковано зберігаються у структурах типу баз модельних знань (БМЗ).

У роботах за авторством Hu, Q. та ін., і Li H. та ін.[2, 3] розглядаються підходи до автоматизації процесів вибору попередньо навчених моделей для різних завдань, зокрема на основі прогнозування їхньої придатності для конкретних завдань та використовуючи результати отримані після попереднього застосування таких моделей. Дослідження Hao, W. та ін. [4] демонструє актуальність організованого зберігання моделей, відстеження їхніх версій і взаємозв'язків. В роботі Latendresse, J. та ін. [5] описано проблеми управління моделями машинного навчання, зокрема документування, супроводу та автоматизації відповідних процесів. Крім того, результати дослідження Abou Baker, N. та Handmann, U. [6] вказують на залежність ефективності критеріїв вибору моделей від характеристик наборів даних та архітектур моделей.

Попри наявність досліджень щодо повторного використання, вибору та управління моделями, залишається актуальним питання оцінки ефективності їх повторного застосування в межах конкретної інтелектуальної системи моніторингу з урахуванням якості класифікації та обчислювальних витрат, особливо в ситуаціях динамічної зміни властивостей об’єкту моніторингу або появи нового об’єкту.

Метою дослідження є експериментальна оцінка ефективності повторного використання попередньо навчених моделей, збережених у базі модельних знань інтелектуальної системи моніторингу шляхом порівняння їхньої якості класифікації та обчислювальних витрат із відповідними показниками моделей, навчених повторно, безпосередньо після отримання конкретної задачі.

Основна частина. Найпростішим варіантом реалізації повторного навчання та використання нових моделей в існуючій системі моніторингу може бути реалізація вбудованих інструментів для навчання моделей на основі даних моніторингу. Подібна підсистема дозволить у режимі реального часу навчати, тестувати та використовувати моделі. Проте, очевидним недоліком буде збільшення як ресурсних витрат так і часу витраченого на робочий цикл. Іншим варіантом є створення окремої підсистеми, що буде відповідати за підготовку мереж до використання в системі моніторингу, такий підхід дозволить вирішити проблему із ресурсними витратами, оскільки система може бути розміщена на іншій машині. Проте, потенційно така система буде витрачати ще більше часу, оскільки виникають нові проблеми із синхронізацією та передачею даних щодо моделі.

Бази модельних знань є одним із варіантів реалізації механізму повторного використання моделей у комплексних системах моніторингу. БМЗ являють собою комплексні, багатошарові структури, у яких може зберігатися довільна кількість готових моделей, будова яких залежить від призначення системи моніторингу, побажань замовника, розробника або інших умов. Ще однією особливістю баз модельних знань є їх гнучкість та можливості модифікації без втручання у внутрішній код вже розміщеної системи. Використовуючи БМЗ, користувач може змінювати її структуру, кількість моделей, їх типи, параметри тощо. Додатково, база модельних знань дає змогу наперед підготувати та зберегти моделі для різних ситуацій, що можуть виникнути під час моніторингу, що, у свою чергу, допоможе частково вирішити проблему із затратами часу на повторне навчання.

Отже, можна виділити наступні переваги БМЗ:

- збереження навчених моделей для подальшого використання;
- збереження метаданих моделі, архітектури, типу вхідних даних, набору ознак, параметрів навчання, тощо;
- збереження показників якості моделі, її точності, втрат, часу навчання;
- можливість пошуку моделі, яка відповідає характеристикам нового завдання;
- можливість модифікації внутрішньої структури БМЗ відповідно до актуального завдання або побажань розробника.

Окремо варто виділити, що перед використанням, збережена у БМЗ модель перевіряється за набором критеріїв, що допомагає визначити, чи підходить конкретна модель для виконання поточної задачі. Подібні критерії можуть бути довільними і визначатися як потенційним замовником, так і безпосередньо розробником. Критерії можуть бути умовно глобальними, тобто бути вказаними безпосередньо у назві директорій чи моделей, або локальними, що зберігаються у внутрішніх параметрах моделей та враховують тип вхідних даних, структуру набору ознак, кількість класів, призначення моделі, тощо.

Під час дослідження було порівняно два основні підходи до повторного використання моделей:

Перший, що передбачав реалізацію механізму навчання нової моделі в режимі реального часу. Робочий цикл такої системи складається з аналізу вхідних даних, механізмів для створення та навчання нової моделі, тестування результативності використання моделі та отримання результатів класифікації.

Другий підхід передбачав використання простої БМЗ. Аналогічно, робочий цикл починався з аналізу та перетворення вхідних даних, пошуку відповідної, ефективної для конкретного об’єкту моніторингу, моделі, її завантаження та отримання результатів класифікації.

Варто відмітити, що описані вище підходи були розглянуті та використані під час проведення досліджень. Це не означає, що методи повторного використання обмежуються розглянутими в цій роботі а є лише оглядом двох відмінних методів виконання однієї задачі.

Для проведення досліджень було розроблено дві тестові системи. Тестування систем проводилося на наступному наборі показників:

- Точність - точність класифікації, або відношення кількості коректних результатів класифікації до загальної кількості спроб.
- Втрати - значення функції втрат.
- Час підготовки – час, витрачений на підготовку нової моделі (навчання чи завантаження з БМЗ).
- Час тестування - час витрачений на тестування моделі.
- Загальний час - загальний час робочого циклу тестової системи.

Також варто зазначити, що тестування проводилися для ідеальних випадків, тобто коли для другого випадку в БМЗ вже була збережена модель для кожного з об’єктів моніторингу, що використовувався під час експериментів. У реальному сценарії можливі випадки коли в базі буде відсутня модель для конкретної задачі і в такому випадку необхідно буде проводити окремий процес навчання, тестування та модифікації БМЗ.

Таблиця 1 – Результати досліджень

Показник	**Навчання моделей**	**Використання БМЗ**
Середня точність	89.3	91.1
Середні втрати	0.11	0.08
Час підготовки, с	84.3 с	4.5 с
Час тестування, с	3.8 с	3.9 с
Загальний час, с	93.6 с	11.5 с

В таблиці 1 відображено результати досліджень для 20 тестових циклів. Для обох систем було використано однакові набори даних, що складалися із аудіо записів звуків, характерних для перелітних птахів. Під час тестування перевірялася можливість систем розпізнавати 5 основних різновидів птахів.

Розглянувши результати дослідження, можна зазначити значне зменшення часу на підготовку моделі у випадку використання БМЗ, що відповідно призвело до значного зменшення витрат часу на повний робочий цикл. Час витрачений на тестування водночас залишився відносно незмінним, відмінності в тестових результатах можна сприйняти як погрішність. Показники точності та втрат показали незначне зростання та спад відповідно на користь системи на основі БМЗ. Такі показники можна пояснити затратами часу та ресурсів, що були витрачені за межами експерименту, на етапі навчання моделей та формування БМЗ для конкретної задачі. На практиці показники точності можуть відрізнятися, оскільки наявність бази модельних знань не гарантує, що в ній будуть збережені готові моделі для будь-якої задачі, що може виникнути в процесі моніторингу. Варто завжди мати на увазі непередбачені обставини, що можуть потребувати додаткових ресурсів для їх вирішення – проектування та навчання нових моделей. Проте, навіть у такому випадку використання БМЗ має очевидну перевагу, оскільки дозволяє додавати нові моделі до вже розгорнутої системи без втручання у внутрішній код.

Висновки. Після низки проведених досліджень, отримані результати підтверджують доцільність використання бази модельних знань для підвищення ефективності роботи

інтелектуальних систем моніторингу. Використання попередньо навчених моделей дозволяє суттєво скоротити час підготовки та загальний час робочого циклу системи порівняно з повторним навчанням, зберігаючи при цьому високий рівень точності класифікації. Незначна перевага у точності моделей, що були використані в БМЗ додатково свідчить про відсутність негативного впливу повторного використання моделей на результат моніторингу для конкретних задач. Водночас, явним недоліком є те, що ефективність такого підходу залежить від наявності в БМЗ моделі, характеристики якої відповідають поточному завданню системи чи об'єкту моніторингу. Відповідно, використання бази модельних знань є доцільним за умови забезпечення механізмів пошуку та оцінки відповідності збережених моделей поточній задачі, а також передбачення можливості динамічного навчання нових моделей при виникненні такої необхідності.

Використання інструментів ШІ. ChatGPT (модель GPT-6) використано для допомоги в уточненні формулювань у вступі та пошуку актуальних матеріалів дослідження для їх подальшого аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Kunytska, S., & Holub, S. (2020). Multi-agent monitoring information systems. In Mathematical modeling and simulation of systems (pp. 164–171).

[2] Hu, Q., Guo, Y., Xie, X., Cordy, M., Papadakis, M., & Le Traon, Y. (2023). LaF: Labeling-free model selection for automated deep neural network reusing. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 33(1), Article 25. https://doi.org/10.1145/3611666

[3] Li, H., Fowlkes, C., Yang, H., Dabeer, O., Tu, Z., & Soatto, S. (2023). Guided recommendation for model fine-tuning. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 3633–3642).

[4] Hao, W., Mendoza, D., Mendes, R., Narayanan, D., Phanishayee, A., Cidon, A., & Yang, J. (2024). MGit: A model versioning and management system. In Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning (Vol. 235, pp. 17597–17615).

[5] Latendresse, J., Abedu, S., Abdellatif, A., & Shihab, E. (2024). An exploratory study on machine learning model management. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 34(1), Article 16. https://doi.org/10.1145/3688841

[6] Abou Baker, N., & Handmann, U. (2024). One size does not fit all in evaluating model selection scores for image classification. Scientific Reports, 14, Article 30239. https://doi.org/10.1038/s41598-024-81752-w

Bilonih A.V., Golub S.V.

Evaluation of the model reuse effectiveness in the model knowledge base of an intelligent monitoring system

Abstract. *The study examined the feasibility of training models for each new task within a monitoring system, methods for implementing model reuse, the structure and characteristics of a model knowledge base. The effectiveness of reusing models stored in the model knowledge base was evaluated and compared against retraining the models.*

Keywords: *model knowledge base; model reuse; intelligent monitoring; machine learning; classification.*