

Пошук у ширину використовується в задачах на графах, наприклад, для навігації в соціальних мережах [3].

Нейронні мережі є основою сучасного штучного інтелекту (ШІ), даючи йому змогу обробляти великі обсяги даних і виявляти закономірності. Вони застосовуються в машинному навчанні для виконання завдань, як-от класифікація, прогнозування, переклад мов, розпізнавання мови та образів. Завдяки багаторівневій структурі (глибинне навчання) нейронні мережі можуть адаптуватися та навчатися з часом, підвищуючи точність і ефективність рішень [4]. Алгоритми є фундаментальною основою штучного інтелекту. Від простих жадібних методів до складних евристичних підходів і нейронних мереж, вони дають змогу створювати системи, які імітують мислення людини, автоматизують задачі та значно підвищують ефективність роботи в різних галузях.

Штучний інтелект уже зараз трансформує наше суспільство. Його можливості виходять далеко за межі теорії, забезпечуючи розв'язання реальних проблем – від прогнозування захворювань до управління трафіком у мегаполісах. Однак для ефективного застосування ШІ необхідно розуміти основні принципи алгоритмів, їх призначення та обмеження.

Знання алгоритмів і розуміння їх реалізації, як у представлених прикладах на C#, дає змогу не лише працювати з готовими рішеннями, а й створювати нові інтелектуальні системи. ШІ залишається відкритим полем для досліджень і вдосконалення, де правильне поєднання алгоритмів і креативності може привести до проривних інновацій.

Список використаних джерел

1. Жадібні алгоритми. URL: <https://devzone.org.ua/post/zadibni-alhorytmy> (дата звернення: 30.11.2024).
2. Алгоритми пошуку в ширину (BFS). URL: <https://javarush.com/ua/quests/lectures/ua.javarush.python.core.lecture.level17.lecture07> (дата звернення: 30.11.2024).
3. unite.AI. URL: <https://www.unite.ai/uk/%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F> (дата звернення: 30.11.2024).

УДК 004.001

*Чайковський П. А., здобувач вищої освіти,
Штовба С. Д., д-р техн. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІК FEW-SHOT LEARNING ДЛЯ ДОМЕННОЇ АДАПТАЦІЇ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Анотація. У статті проведено порівняльний аналіз сучасних технік few-shot learning для доменної адаптації великих мовних моделей (LLM). Розглянуто методи in-context learning, fine-tuning та meta-learning, їх переваги та обмеження в контексті адаптації до нових доменів з обмеженою кількістю даних.

Ключові слова: few-shot learning, доменна адаптація, великі мовні моделі, in-context learning, fine-tuning, meta-learning.

Великі мовні моделі (LLM) демонструють значні успіхи в обробці природної мови та широко використовуються в різних сферах [1]. Проте застосування цих моделей у нових доменах, де є обмежена кількість навчальних даних, часто призводить до зниження їх ефективності. У таких випадках важливим інструментом стають техніки *few-shot learning*, які сприяють ефективній адаптації моделей, забезпечуючи належний рівень продуктивності навіть за умов недостатньої кількості навчальної інформації.

Сучасні дослідження акцентують на критичній важливості здатності великих мовних моделей до адаптації в нових доменах з мінімальними витратами на підготовку даних [2]. Ефективність таких технік безпосередньо впливає на поширення LLM в різноманітних сферах, включно з медициною, фінансами, освітою та іншими [3]. Порівняння наявних підходів до *few-shot learning*, як-от *in-context learning*, *fine-tuning* та *meta-learning*, є необхідним для того, щоб зрозуміти їх потенціал і обмеження та обрати оптимальну стратегію в конкретних умовах.

Серед найбільш поширених технік *few-shot learning* для адаптації великих мовних моделей виокремлюються *in-context learning*, *fine-tuning* та *meta-learning*. Кожна з них має свої унікальні риси, які впливають на їх ефективність, вимоги до даних та ресурси, необхідні для реалізації.

In-Context Learning (ICL) базується на представленні моделі кількох прикладів у контексті запиту без оновлення ваг самої моделі [4]. Цей підхід дає змогу генерувати відповідь, враховуючи наданий контекст, що робить його надзвичайно корисним за умов обмежених даних. Однак, хоча ICL є найпростішим у реалізації і не потребує значних обчислювальних ресурсів, його точність у деяких випадках поступається іншим підходам, які передбачають навчання моделі.

Техніка *fine-tuning*, на відміну від ICL, передбачає адаптацію параметрів моделі на основі невеликої кількості даних із нового домену [5]. Цей підхід дає можливість моделі краще узгоджуватися зі специфікою даних, але вимагає обережності, оскільки існує ризик перенавчання. Застосування *fine-tuning* є доцільним, коли є достатня кількість прикладів для уникнення перенавчання та досягнення стабільних результатів.

Метод *meta-learning* орієнтований на швидку адаптацію до нових завдань шляхом попереднього навчання на різноманітних завданнях, що дає змогу моделі перенести знання в новий контекст з мінімальними витратами на навчання [6]. Цей підхід демонструє баланс між точністю та ефективністю, оскільки модель має можливість швидко адаптуватися до нових даних. Проте реалізація *meta-learning* є значно складнішою і потребує великого обсягу ресурсів на етапі попереднього навчання, що може обмежувати її застосування в умовах, де немає доступу до потужних обчислювальних потужностей.

Аналіз ефективності кожної з технік вказує на те, що вибір методу адаптації має залежати від особливостей завдання, обмежень у ресурсах та доступ-

ності навчальних даних. In-Context Learning доцільно застосовувати в ситуаціях, коли є необхідність у швидкій адаптації без додаткового навчання [3]. Fine-tuning може забезпечити більш високий рівень точності, особливо коли є достатній обсяг даних для налаштування моделі. Meta-learning, попри свої ресурсоємність та складність реалізації, забезпечує найкращі результати в умовах, коли модель повинна часто адаптуватися до нових завдань з мінімальними витратами на навчання.

Проведений аналіз дає змогу зробити висновок, що техніки few-shot learning є ефективним інструментом для доменної адаптації великих мовних моделей в умовах обмежених даних. Вибір конкретної техніки залежить від конкретних потреб і обмежень. У тих випадках, коли важлива швидка адаптація, рекомендується використання In-Context Learning, тоді як для досягнення високої точності доцільним є застосування fine-tuning. У випадках з частою зміною доменів і потребою в адаптації на основі мінімальних даних найкращим вибором є meta-learning.

Список використаних джерел

1. Language Models are Few-Shot Learners / Т. В. Brown, В. Mann, N. Ryder Subbiah et al. URL: <https://arxiv.org/abs/2005.14165> (дата звернення: 07.11.2024).
2. Evaluating Large Language Models Trained on Code / М. Chen, J. Tworek, H. Jun, Q. Yuan, P. de Oliveira et al. URL: <https://arxiv.org/abs/2107.03374> (дата звернення: 07.11.2024).
3. Finn C., Abbeel P., Levine S. Model-Agnostic Meta-Learning for Fast Adaptation of Deep Networks. *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning*. URL: <https://arxiv.org/abs/1703.03400> (дата звернення: 07.11.2024).
4. Language Models are Unsupervised Multitask Learners / А. Radford., J. Wu., R. Child, D. Luan, D. Amodei, I. Sutskever. *OpenAI Blog*. URL: https://cdn.openai.com/better-language-models/language_models_are_unsupervised_multitask_learners.pdf (дата звернення: 07.11.2024).
5. An Image is Worth 16×16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale / А. Dosovitskiy, L. Beyer, А. Kolesnikov, D. Weissenborn, X. Zhai, T. Unterthiner, M. Dehghani, M. Minderer, G. Heigold, S. Gelly, J. Uszkoreit, N. Houlsby. URL: <https://arxiv.org/abs/2010.11929> (дата звернення: 07.11.2024).
6. Pre-trained Models for Natural Language Processing: A Survey / X. Qiu, T. Sun, Y. Xu, Y. Shao, N. Dai, X. Huang. *Science China Technological Sciences*. 2021. № 63. P. 1872–1897. URL: <https://arxiv.org/abs/2003.08271> (дата звернення: 07.11.2024).

УДК 519.872.5:519.21(043.2)

*Чемес В. С., здобувач вищої освіти,
Сеник І. О., асистент кафедри
інформаційних технологій*

АНАЛІЗ І ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ТЕОРІЇ ЧЕРГ У СИСТЕМАХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах розвитку економіки та сектору послуг проблема ефективно організації систем обслуговування стає особливо важливою. Майже