

ДОСКАЧ ДЕНИС

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0009-0000-7042-3541>e-mail: denys.y.doskach@lpnu.ua

ХАВАЛКО ВІКТОР

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0002-9585-3078>e-mail: viktor.m.khavalenko@lpnu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ В ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ Е-РЕКРУТИНГУ

У статті представлено аналіз застосувань великих мовних моделей (ВММ) у сфері автоматизації завдань та розробки інтелектуальних інструментів. Як один з ключових елементів сучасного штучного інтелекту, ВММ, створені на основі глибокого навчання та обробки природної мови, швидко розвиваються, демонструючи свою універсальність та потенціал у різних секторах, особливо в програмній інженерії та рекрутингу. В статті проаналізовано етапи еволюції ВММ, починаючи від простих статистичних моделей до складних систем, які вже здатні обробляти мову на рівні людини. На основі проведеного аналізу виокремлено можливість застосування сучасних ВММ з особливим акцентом на їх новітніх здібностях до навчання в контексті та логічного міркування, а також на розширенні їх впливу в галузях, які виходять за рамки обробки природної мови.

Для ілюстрації практичного застосування ВММ представлено кейс-стадії з різних областей, де виокремлено як успіхи, так і обмеження цих моделей. Серед них - застосування в керуванні дронами через команди природною мовою, екстракція та стандартизація навичок у е-рекрутингу, а також низку інноваційних підходів у програмній інженерії, таких як генерація коду, виявлення та виправлення помилок, надання освітньої підтримки. Окрім цього, наведено перспективні напрями та майбутні тенденції розвитку ВММ, зокрема потенційне використання мультимодальних можливостей, підвищення ефективності та пояснюваності.

Ключові слова: великі мовні моделі, штучний інтелект, обробка природної мови, е-рекрутинг.

DOSKACH DENYS, KHAVALKO VIKTOR

Lviv Polytechnic National University

APPLICATION OF LARGE LANGUAGE MODELS IN OPTIMIZING THE E-RECRUITMENT PROCESS

This article delves into the transformative impact of Large Language Models (LLMs) on automating tasks and creating smart tools. As a key development in artificial intelligence, LLMs have grown from basic statistical models to complex systems that can mimic how humans process language. This growth shows their flexibility and potential to change how things are done in various areas, especially in software engineering and recruitment. It starts with a look at how LLMs have developed over time, moving from simpler models to advanced ones like GPT-3, which can understand and create language in ways that didn't require special adjustments.

The discussion then moves to what LLMs can do now, emphasizing their new skills in learning from context and solving problems. These abilities are a big step forward, allowing LLMs to work with more than just text and opening up new possibilities for AI use. The article uses real-life examples to show how LLMs are being used in different fields. It talks about using natural language to control drones, making it easier for people to interact with robots, and LLM-based recruitment tools that improve job matching by extracting and organizing skills from resumes and job descriptions.

Looking ahead, the article talks about the future of LLM development, focusing on efforts to give these models more human-like abilities to understand and interact with the world, and to make them more efficient. This future promises AI that can interact with the world in ways closer to how humans do, making AI more intuitive and effective. Yet, it also points out the challenges, including the need for LLMs to be powerful yet efficient, understandable, and ethically used.

In concluding, the article highlights LLMs as both a symbol of progress and a complex area that needs careful consideration to fully and responsibly use their capabilities. This overview offers valuable information for those involved in AI, giving insights into current LLM applications and directions for future research in this exciting area.

Keywords: Large Language Models, Artificial Intelligence, Natural Language Processing, e-recruitment.

Вступ

Швидкий розвиток великих мовних моделей (ВММ) спричинив значну трансформацію у сфері штучного інтелекту. Ці сучасні моделі, побудовані на принципах глибокого навчання та обробки природної мови, сьогодні лідирують у автоматизації складних завдань та розробці інтелектуальних інструментів. ВММ знаходять своє застосування в різноманітних сферах, починаючи від програмної інженерії, закінчуючи когнітивною автоматизацією, істотно впливаючи на способи виконання завдань та прийняття рішень [1,2].

В статті здійснено спробу всебічно описати застосування ВММ у процесі автоматизації завдань та створенні інтелектуальних інструментів, з особливим акцентом на інженерії та рекрутингу. Проте аналіз і висновки не обмежуються цими сферами. Вони можуть бути застосовані до широкого спектру секторів, де ВММ залишають свій відбиток. Окрім цього критичний аналіз існуючих публікацій та застосувань ВММ дозволить відобразити прогрес у їх розвитку, розглянути їх потенційні застосування, а також обговорити виклики, пов'язані з їх впровадженням. Таким чином, буде проведено та представлено аналіз можливостей та обмежень ВММ, надаючи критичний аналіз їхньої ролі у формуванні майбутнього технологій та праці.

У контексті нинішнього технологічного розвитку значимість і актуальність ВММ неможливо переоцінити. Вони стали невід'ємною частиною розробки автономних систем, інструментів когнітивної автоматизації та процесів прийняття рішень на базі ШІ. У сфері інженерії ВММ допомагають автоматизувати складні процеси, підвищуючи ефективність та точність. У рекрутингу вони відкривають нові можливості до оптимізації процесу найму – від пошуку кандидатів до взаємодії з ними, тим самим кардинально змінюючи традиційні методи. Делегуючи все більшу кількість завдань машинам, стає критично важливим розуміти можливості та обмеження ВММ. Це розуміння необхідне для повноцінного використання їх потенціалу, мінімізації ризиків та забезпечення етичного використання. Завдяки їх здатності обробляти та генерувати природну мову, ВММ займають унікальне місце для інтуїтивної та ефективної взаємодії з людьми, що робить їх ключовими у створенні інтелектуальних систем.

Впровадження ВММ у різні галузі свідчить про зміщення у напрямку автоматизованих та інтелектуальних робочих процесів. Однак таке переорієнтування несе з собою і виклики у сферах дизайну, імплементації, а також етичних міркувань [3,4]. Вирішення цих викликів є важливим для забезпечення відповідального та ефективного використання ВММ у автоматизації завдань та створенні інтелектуальних інструментів.

Постановка проблеми

ВММ революціонізують процеси рекрутингу, пропонуючи нові шляхи автоматизації та покращення взаємодії з кандидатами. Це дослідження досліджує використання ВММ у різних сферах для виявлення можливостей, які можуть бути адаптовані для рекрутингу (рис. 1). Основні задачі дослідження включають:

- Огляд застосувань ВММ у різних сферах, акцентуючи на можливостях, що вони пропонують, та на їх потенціалі у трансформації традиційних підходів.
- Аналіз обмежень ВММ, зокрема точності та упередженості, які впливають на застосування у рекрутингу.
- Ідентифікація можливостей для оптимізації рекрутингових процесів з використанням ВММ, виходячи з вже існуючих практик у різних сферах.

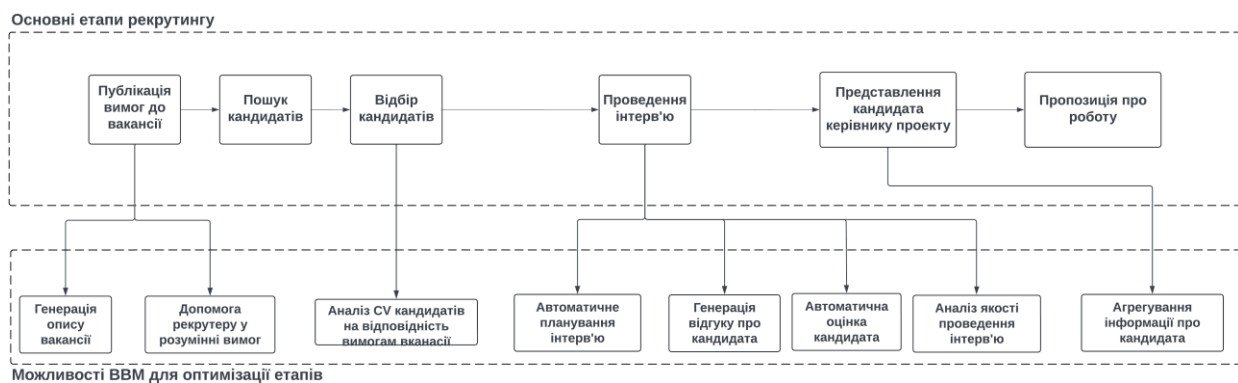


Рис. 1. Можливі застосування ВММ у процесі е-рекрутингу

Аналіз останніх джерел

Еволюція ВММ стала значною главою в історії ШІ та обробки природної мови. Ці моделі пройшли шлях від простих статистичних представлень до високорозвинених систем, здатних імітувати обробку мови на людському рівні. У ранній період розвитку ВММ дослідження фокусувалися на трансферному навчанні для вторинних завдань. Однак з появою моделей, таких як GPT-3, що продемонстрували високу продуктивність без додаткового налаштування, спостерігалася зміна парадигми, що привела до створення відкритих альтернатив, працюючих на рівні GPT-3 [5].

ВММ, які базуються на нейронних мережах, були розвинуті на основі робіт з моделями обробки природної мови, такими як BERT та їх варіації. У 2018 році OpenAI представила свою першу ВММ, Генеративний попередньо навчений трансформер (GPT)-1, після чого послідували інші ВММ від компаній, таких як Google та Meta. Знаковою подією стало випуск ChatGPT від OpenAI у листопаді 2022 року, який вирізнявся своєю загальнодоступністю, зручністю використання та результатами, подібним до людських, досягнутими завдяки моделі винагороди, що базується на принципі зворотного зв'язку [6]. З моменту випуску ChatGPT було розроблено безліч інших ВММ та подібних інструментів. Зокрема, GPT-4 від OpenAI перевершив прохідний бал на кожному етапі медичного іспиту США. Серед інших розробок – API для PaLM та ChatBot BARD від Google, Llama та Llama-2 від Meta, а також компактніші моделі, як Alpaca 7b та Vicuna, розроблені для більш доступного використання. Ці моделі пропонують нові функціональні можливості, включаючи введення за допомогою зображень та плагіни, що розширюють сферу їх застосувань [6].

ВММ продемонстрували вражаючі здібності до узагальнення, що спонукало до розробки різноманітних моделей з новими архітектурами, удосконаленими стратегіями навчання та використанням якісних даних для тренування. Сучасні ВММ здатні виконувати завдання, такі як генерація коду, створення текстів, маніпулювання інструментами, логічне міркування та розуміння в умовах "zero-shot" та "few-shot" у різноманітних сферах [5].

Неперервні досягнення у сфері ВММ та їх застосувань були детально проаналізовані в академічній літературі, з акцентом на їх архітектурах, стратегіях тренування, наборах даних та оцінках продуктивності [5].

У динамічному світі штучного інтелекту, сучасні можливості ВММ вирізняються як фундаментальний елемент інновацій, зокрема в таких областях, як інженерія та рекрутинг. Ці моделі, що кардинально змінили підхід до обробки природної мови (NLP), зараз активно виходять за межі академічних досліджень, знаходячи застосування в практичних сферах. ВММ домінують у випробуваннях на розуміння природної мови, а їх дослідження поширюються на інші модальності, включаючи зображення, відео та сигнали датчиків, що відкриває шлях для міждисциплінарного застосування [7]. ВММ виявляють нові здібності, як-от навчання в контексті та міркування ланцюгом думок, що дозволяє їм виконувати складні завдання, для яких раніше потрібна була детальна настройка.

У сфері програмної інженерії ВММ використовуються для широкого спектру завдань. Систематичний огляд літератури, який включав 229 наукових робіт з 2017 по 2023 рік, досліджував застосування ВММ у цій галузі, класифікуючи використані ВММ, аналізуючи методи збору даних та їхнє застосування, а також оцінюючи стратегії оптимізації продуктивності ВММ [8]. ВММ показали високу ефективність у завданнях, таких як узагальнення коду, яке включає генерацію коду за описом природною мовою, і створення добре структурованого коду та кодових артефактів [8]. Codex, ВММ з 12 мільярдами параметрів, успішно вирішила 72,31% складних завдань програмування на Python, поставлених людьми [8]. GPT-4 виявилася особливо ефективною у ряді завдань програмної інженерії, включно з написанням коду, його розумінням, виконанням, а також аргументацією [8].

Аналогічно, у сфері рекрутингу, розробка інноваційних підходів на основі ВММ, таких як GIRL (Generative job Recommendation based on Large language models), трансформувала онлайн-сервіси рекрутингу. Цей метод використовує ВММ для створення персоналізованих описів вакансій на основі резюме шукача. Підхід не лише підвищує прозорість систем рекомендацій, але й ефективно зв'язує резюме з описами вакансій, покращуючи процес підбору персоналу [9]. ВММ, завдяки своїм передовим здібностям у сфері обробки природної мови, здатні враховувати не тільки кількісні характеристики робіт та кандидатів, такі як навички та досвід, але й більш тонкі та якісні аспекти, які часто упускаються в традиційних структурованих форматах даних. Однак ВММ також стикаються з викликами, особливо при обробці великих обсягів даних через обмеження кількості токенів. Наприклад, GPT-4 від OpenAI має ліміт у 8192 токени, що потребує стратегій для управління великою кількістю неструктурованих описів робіт [10]. Іншою значущою характеристикою ВММ у сфері рекрутингу є їх здатність до екстракції та стандартизації навичок з описів вакансій та резюме користувачів, як це демонструє, наприклад, інструмент SkillGPT [11].

Загалом, можливості ВММ у сучасних застосуваннях, особливо в інженерії та рекрутингу, відзначаються значним прогресом у напрямку створення більш інтелектуальних, адаптивних та ефективних систем. Їхня здатність обробляти та генерувати природну мову, разом із адаптивністю до навчання з використанням різноманітних форм даних, свідчить про важливий поступ у сфері штучного інтелекту та технологій.

Виклад основного матеріалу

Розвиток та зростаюча складність ВММ відкрили нові перспективи в різноманітних галузях (рис. 2). Завдяки можливостям в області обробки природної мови, ВММ знаходять застосування, яке значно виходить за рамки простої генерації текстів. Досліджуючи кейс-стаді у таких сферах, як програмна інженерія, рекрутинг та інші, демонструємо практичний вплив ВММ. Аналізуючи конкретні випадки використання ВММ, досліджуємо їх функціональні можливості, виклики, які виникають під час впровадження, та переваги для різних індустрій.

Публікація [12] є прикладом інноваційного підходу в галузі взаємодії людей та роботів. Дослідження розглядає інтеграцію ChatGPT від OpenAI з симулятором дронів PX4/Gazebo, дозволяючи користувачам керувати дронами за допомогою команд на природною мовою. Ця інтеграція є значним прогресом у реалізації керування дронами більш доступним та зручним, що є важливим кроком у сфері робототехніки. Однією з ключових особливостей системи є її здатність обробляти неоднозначні запити або ситуації, коли моделі не вистачає інформації для формування впевненої відповіді. Система може ставити уточнюючі запитання або пропонувати альтернативні рішення, що є критично важливим для надійності та безпеки роботи дронів. Також дослідження підкреслює важливість перевірки команд, включаючи аналіз синтаксису команди та обчислення контрольної суми команди, що є вирішальним для надійності та безпеки системи керування дронами. З погляду майбутнього вдосконалення, автори мають намір удосконалити процес формування запитів, щоб покращити якість відповідей. Таке удосконалення може привести до більш точної та ефективної взаємодії між людиною та роботом. Крім того, є намір розширити і цей підхід на інші симулятори та реальні системи, що розширить область застосування цього дослідження.

Ще одна публікація [11] демонструє практичне та інноваційне застосування ВММ в області е-рекрутингу. Основна функція SkillGPT полягає у екстракції та стандартизації навичок з описів вакансій та резюме, які часто бувають неструктурованими. Цей процес включає перетворення цих текстів у структурований формат, який потім обробляється ВММ. ВММ підсумовує вміст і використовує його векторизовані представлення для відшукування схожих термінів у базі даних. Цей підхід оптимізує процес екстракції навичок, роблячи його більш ефективним та точним. Дослідження показує, що SkillGPT ефективно забезпечує достовірні та правдоподібні результати, що відповідає початковим цілям дослідження. Однак

також виявлено деякі обмеження поточної реалізації SkillGPT, зокрема потенційну втрату менш помітних, але важливих навичок під час процесу узагальнення. Крім того, продуктивність SkillGPT варіюється в залежності від мови, з тенденцією до кращих результатів англійською порівняно з нідерландською чи французькою, що пов'язано з неоднаковим розподілом даних різними мовами у тренувальному корпусі BMM.

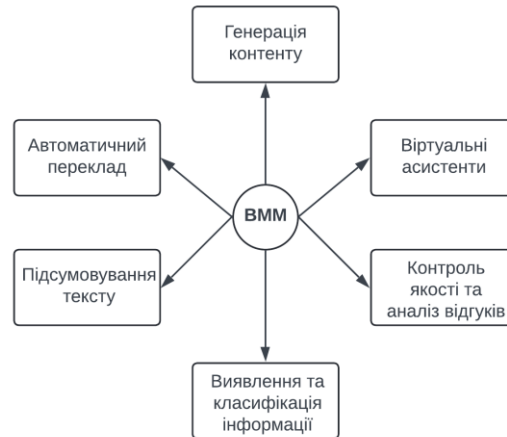


Рис. 2. Області застосування BMM

BMM також застосовуються у широкому спектрі задач у сфері програмної інженерії, включаючи кодування, створення вимог та дизайну, відлагодження, рефакторинг, покращення продуктивності, документацію та аналітику [13]. Серед цього широкого діапазону деякі застосування виділяються завдяки своїм інноваційним підходам та результатам. Одним із найбільш помітних застосувань BMM у сфері програмної інженерії є генерація коду та відлагодження. У роботі [14] відобразили здатність GPT-3.5 до визначення помилок у коді. Вони з'ясували, що BMM часто здатна ідентифікувати несправний метод з першої спроби. Це демонструє значний прогрес у відлагодженні, оскільки використовується здатність BMM ефективно розуміти та обробляти складні структури коду. Однак можливим поліпшенням у цій сфері може бути підвищення розуміння моделлю специфічних для мови програмування конструкцій, що може бути досягнуто шляхом включення більш різноманітних та специфічних для мови наборів даних у навчальну вибірку, тим самим покращуючи точність і надійність знаходження помилок.

Інше застосування - у сфері навчання тестуванню програмного забезпечення. В [15] досліджували можливості ChatGPT у цій галузі. Інновація полягає у використанні BMM для надання допомоги у навчанні, що може трансформувати спосіб викладання тестування ПЗ. Однак ефективність таких інструментів у навчальному середовищі може бути покращена шляхом підлаштування BMM для відповідності конкретним освітнім програмам та включення інтерактивних елементів, які активніше залучають студентів до процесу навчання.

В [16] продемонстровано як ChatGPT справляється з узагальненням коду Python, порівнюючи його з іншими моделями, такими як CodeBERT та CodeT5. Однією з інновацій цієї роботи є автоматизація процесу документування коду, що може бути особливо часозатратним для розробників. Для покращення цього застосування майбутні дослідження можуть зосередитися на підвищенні розуміння контексту BMM для створення більш точної та відповідної документації, особливо для складних та масштабних проєктів.

Майбутні тренди та напрямки вдосконалення у розвитку та застосуванні BMM

Швидкий розвиток BMM започатковує початок нової ери в штучному інтелекті, ознаменованої інноваціями, які обіцяють змінити нашу взаємодію з технологіями. Ключовим аспектом цієї трансформації є зусилля щодо поліпшення розуміння реального світу та розширення мультимодальних можливостей моделей, на кшталт GPT-4 від OpenAI та PaLM-E від Google. Інтеграція мультимодальних можливостей, включаючи сенсорний вхід, готує BMM до інтерпретації світу способами, більш схожими до людського сприйняття. Цей прогрес є важливим у тому, щоб зробити взаємодію та реакції BMM більш природними та схожими на людські, що може радикально змінити їх розуміння та взаємодію з оточенням [17].

Паралельно з розвитком мультимодальних можливостей, значні зусилля зосереджують на масштабуванні BMM із забезпеченням ефективності та пояснюваності. Дослідники прагнуть створити менші моделі, які зберігають можливості своїх більших аналогів, але за меншою вартістю та складністю. Модель Aраса, вдосконала версія LLaMA, розроблена Стенфордським університетом, є прикладом цього тренду. Її менший розмір та явні внутрішні діалоги забезпечують додаткову перевагу у вигляді простішого пояснення результатів, що допомагає вирішити одну з ключових проблем у ШІ — проблему "чорного ящика".

Однак швидкий прогрес у BMM не обійшовся без викликів, як наукових, так і суспільних. Дослідження Microsoft щодо GPT-4, викликало дискусії серед експертів, підкреслюючи необхідність балансування як наукових амбіцій так і суспільних наслідків [18, 19]. Важливо орієнтуватися на конкретні можливості та застосування BMM, уникаючи надмірних амбіцій, таких як повний штучний інтелект.

Вирішення обмежень розуміння мови залишається значним викликом у галузі. Незважаючи на успіхи у завданнях, таких як прогнозування наступного слова, BMM часто не мають глибшого розуміння мови та реальних контекстів. Подолання цього розриву є важливим напрямком досліджень.

Методи тонкого налаштування показують себе ефективним способом покращення ВММ, дозволяючи точніше контролювати результати. Цей процес передбачає використання додаткових прикладів під час адаптації моделі, а тому створення нових методів тонкого налаштування, а також різноманітних наборів даних для цієї мети допоможе підвищити продуктивність моделей [5]. Нарешті, дослідження методів тонкого налаштування, які оновлюють лише невелику кількість параметрів, пропонують перспективний напрямок. Цей підхід прагне зберегти високу продуктивність, при цьому значно знижуючи ресурси, необхідні для навчання та оновлення моделей, вирішуючи проблеми ефективності та питання екології.

Висновок

Прихід та стрімкий розвиток ВММ розпочав нову епоху в області штучного інтелекту, пропонуючи значні зміни у сферах автоматизації завдань та створення інтелектуальних інструментів. Від їх появи як базових статистичних моделей до нинішніх складних систем, що здатні наслідувати людське мовлення, ВММ невинно розширювали межі можливого в розумінні та генерації природної мови. Їхнє застосування у сферах, таких як програмна інженерія та рекрутинг, вказує на їх універсальність і потенціал радикально змінити традиційні процеси, роблячи їх більш ефективними, адаптивними та розумними.

Поточні можливості ВММ, включно з їх здібностями до навчання в контексті та логічного міркування, продемонстрували значний прогрес у розумінні та взаємодії не лише з текстовими, але й з мультимодальними даними. Це відображає зміщення акценту на створення більш людиноцентричних та інтуїтивно зрозумілих систем III. Однак нові проблеми, що пов'язані з обробкою даних та необхідністю покращеного розуміння реального світу, підкреслюють потребу в продовженні досліджень у цій сфері.

Погляд у майбутнє відкриває перспективи розвитку ВММ. Учені прагнуть до створення не просто більш потужних, але й більш ефективних, зрозумілих та надійних систем. Цей розвиток передбачає інтеграцію мультимодальних можливостей і масштабування моделей, що забезпечують вищу ефективність, відкриваючи нові горизонти для застосування штучного інтелекту у майбутньому спосіб взаємодії ВММ зі світом все більше нагадуватиме людський. Проте, цей прогрес повинен враховувати і потенційний соціальний вплив цих систем.

Література

1. Shen, Y., Song, K., Tan, X., Zhang, W., Ren, K., Yuan, S., ... & Zhuang, Y. Taskbench: Benchmarking large language models for task automation / arXiv preprint arXiv:2311.18760.-2023.- 29p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.18760>
2. Zhang, Z., Zhang, X., Xie, W., & Lu, Y. Responsible Task Automation: Empowering Large Language Models as Responsible Task Automators / arXiv preprint arXiv:2306.01242.- 2023.- 18p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.01242>
3. Doug Burger AutoGen: Enabling next-generation large language model applications / <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/autogen-enabling-next-generation-large-language-model-applications/#:~:text=%28Top,these%20workflows%20has%20tremendous%20value>
4. Ruan, J., Chen, Y., Zhang, B., Xu, Z., Bao, T., Du, G., ... & Zhao, R. Tptu: Task planning and tool usage of large language model-based ai agents / arXiv preprint arXiv:2308.03427.-2023.- 36p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.03427>
5. Naveed H., Khan A.U., Qiu S., Saqib M., Anwar S., Usman M., Barnes N., & Mian A.S. A Comprehensive Overview of Large Language Models / ArXiv, abs/2307.06435.- 2023.- 43p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.06435>
6. Clusmann, J., Kolbinger, F.R., Muti, H.S. et al. The future landscape of large language models in medicine. *Commun Med* 3, 141.- 2023.- 8 p. <https://doi.org/10.1038/s43856-023-00370-1>
7. Göpfert J., Weinand J. M., Kuckertz P., & Stolten D. Opportunities for Large Language Models and Discourse in Engineering Design / arXiv preprint arXiv:2306.09169.- 2023.- 15p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.09169>
8. Xinyi Hou, Yanjie Zhao, Yue Liu, Zhou Yang, Kailong Wang, Li Li, Xiapu Luo, David Lo, John Grundy, and Haoyu Wang Large Language Models for Software Engineering: A Systematic Literature Review / arXiv preprint arXiv: 2308.10620v5.- 2024.-62 p. <https://arxiv.org/html/2308.10620v5#S9>
9. Zheng Z., Qiu Z., Hu X., Wu L., Zhu H., & Xiong H. Generative job recommendations with large language model / arXiv preprint arXiv:2307.02157.- 2023.-10 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.02157>
10. Ghosh P., Sadaphal V. JobRecoGPT--Explainable job recommendations using LLMs. arXiv preprint arXiv:2309.11805.- 2023.-10 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.11805>
11. Li N., Kang B., De Bie T. SkillGPT: a RESTful API service for skill extraction and standardization using a Large Language Model / arXiv preprint arXiv:2304.11060.-2023.- 6p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.11060>
12. Lamine M., Tazir I., Mancas M., Dutoit T. From Words to Flight: Integrating OpenAI ChatGPT with PX4/Gazebo for Natural Language-Based Drone Control. *Proceedings of 2023 the 13th International Workshop on Computer Science and Engineering*.-2023. <https://doi.org/10.18178/wcse.2023.06.031>

13. Fan A., Gokkaya B., Harman M., Lyubarskiy M., Sengupta S., Yoo S., Zhang J. M. Large language models for software engineering: Survey and open problems. arXiv preprint arXiv:2310.03533.- 2023.- 23p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.03533>
14. Kang S., An G., Yoo S. A preliminary evaluation of llm-based fault localization / arXiv preprint arXiv:2308.05487.-2023.- 8p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.05487>
15. Jalil S., Rafi S., LaToza T. D., Moran K., Lam W. Chatgpt and software testing education: Promises & perils. In 2023 IEEE international conference on software testing, verification and validation workshops (ICSTW).- 2023.- 4130-4137pp. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.03287>
16. Sun W., Fang C., You Y., Miao Y., Liu Y., Li Y., ... & Chen Z. Automatic code summarization via chatgpt: How far are we? / arXiv preprint arXiv:2305.12865.-2023.- 13p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.12865>
17. What's the next word in large language models?. Nat Mach Intell.- 2023.- 5, 331–332p. <https://doi.org/10.1038/s42256-023-00655-z>
18. Bubeck S., Chandrasekaran V., Eldan R., Gehrke J., Horvitz E., Kamar E., ... & Zhang Y. Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with gpt-4 / arXiv preprint arXiv:2303.12712.-2023.- 155p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>
19. Oramova M. GPT-4'S Impact On AGI: Expert Views And Societal Significance / <https://theaitrack.com/gpt-4-road-to-agi-experts-insights/>