

**Безуглий Віталій Олександрович**

магістрант кафедри електронних обчислювальних машин  
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна  
ORCID: 0009-0002-7586-6530  
E-mail: vitalii.bezuhlyi@nure.ua

**Філімончук Тетяна Володимирівна**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електронних обчислювальних машин  
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна  
ORCID: 0000-0002-4380-504X  
E-mail: tetiana.filimonchuk@nure.ua

**Майстренко Галина Валеріївна**

старший викладач кафедри електронних обчислювальних машин  
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна  
ORCID: 0000-0002-8126-9997  
E-mail: halyna.maistrenko@nure.ua

**Севостьянова Олена Миколаївна**

старший викладач кафедри електронних обчислювальних машин  
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна  
ORCID: 0009-0008-2595-5133  
E-mail: olena.sevostianova@nure.ua

**МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПЕРЕКЛАДУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНТЕГРАЦІЙНІЙ ПЛАТФОРМІ BLACKBIRD**

**Анотація:** Актуальність дослідження зумовлена стрімким зростанням обсягів багатомовного корпоративного контенту та потребою автоматизації перекладу між різнорідними системами (CMS, TMS, репозиторії, маркетингові платформи). Традиційні підходи, що спираються на ізольоване використання систем керування перекладами або машинного перекладу (MT), створюють розрив між джерелами контенту, етапами обробки та системами публікації. Попри високу якість перекладу, пряме застосування великих мовних моделей (LLM) супроводжується порушенням структурної цілісності документів, втраченою тезів та розміткою, термінологічною нестабільністю та зростанням ручного постредагування. Платформи класу iPaaS дають змогу оркеструвати наскрізні перекладацькі процеси, однак формалізована модель автоматизації перекладу із застосуванням LLM в iPaaS-середовищі залишається недостатньо опрацьованою. У роботі виведено базову модель автоматизації перекладу та запропоновано розширену модель, що включає розумну маршрутизацію контенту, збереження структури на основі XLIFF, контекстно-залежну обробку LLM, верифікацію якості із залученням експертів та аналітику процесу. **Об'єктом дослідження** є процеси автоматизованого перекладу корпоративного контенту в iPaaS-платформах. **Предметом дослідження** є методи побудови перекладацького конвеєра із застосуванням LLM, що забезпечують структурну цілісність документів, стабільність термінології та масштабованість на платформі Blackbird. **Результатом роботи** є модель, яка знижує частку ручного постредагування з 38% до 9%, підвищує точність збереження структури до 98.4% та зменшує термінологічні помилки до 2.6 на 1000 слів порівняно зі спеціалізованими baseline-конфігураціями, зокрема adaptive NMT на базі ModernMT Enterprise та інтегрованим TMS-конвеєром Phrase TMS. Практична цінність полягає у створенні формалізованої масштабованої моделі, придатної для адаптації до різних типів корпоративного контенту з урахуванням вимог до якості й термінології.

**Ключові слова:** автоматизація перекладу, великі мовні моделі, iPaaS, платформа Blackbird, оркестрація, XLIFF, оцінювання результатів, модель, нейронні мережі, машинний переклад.

**Vitalii Bezuhlyi**

master's student of the Department of Electronic Computers  
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: 0009-0002-7586-6530  
E-mail: vitalii.bezuhlyi@nure.ua

**Tetiana Filimonchuk**

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electronic Computers  
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: 0000-0002-4380-504X  
E-mail: tetiana.filimonchuk@nure.ua

**Halyna Maistrenko**

Senior lecturer of the Department of Electronic Computers  
 Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
 ORCID: 0000-0002-8126-9997  
 E-mail: halyna.maistrenko@nure.ua

**Olena Sevostianova**

Senior lecturer of the Department of Electronic Computers  
 Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
 ORCID: 0009-0008-2595-5133  
 E-mail: olena.sevostianova@nure.ua

## MODEL OF TRANSLATION PROCESS AUTOMATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE BLACKBIRD INTEGRATION PLATFORM

**Abstract:** The relevance of this study is driven by the rapid growth of multilingual corporate content and the need to automate translation across heterogeneous systems (e.g., CMS, TMS, code repositories, marketing platforms). Traditional translation automation often relies on isolated use of Translation Management Systems (TMS) or Machine Translation (MT), which creates a gap between content sources, processing workflows, and target publishing systems. Although Large Language Models (LLMs) demonstrate strong translation performance, their direct adoption in production introduces critical issues, including structural integrity violations, loss of tags and markup, terminology instability, and increased manual post-editing. iPaaS-class integration platforms enable orchestration of end-to-end translation processes; however, a formalized automation model for applying LLMs in an iPaaS environment remains insufficiently developed. This work derives a baseline translation automation model and proposes an extended model by adding: an intelligent content routing module, an XLIFF-based structural integrity module, a context-aware LLM processing module, a quality verification module with human-in-the-loop, and a process analytics module. The object of the study is automated translation processes for corporate content in iPaaS-class integration platforms. The subject of the study is methods for constructing an LLM-enabled translation pipeline that ensures document structural integrity, terminology stability, and process scalability within the Blackbird platform environment. Conclusions. The proposed extended model reduces manual post-editing from 38% to 9%, increases document structure preservation accuracy to 98.4%, and decreases terminology errors to 2.6 per 1000 words compared with specialized baseline configurations, including adaptive NMT based on ModernMT Enterprise and an integrated Phrase TMS pipeline. The practical value of this work lies in providing a formalized, scalable model adaptable to different types of corporate content with specific quality and terminology requirements.

**Keywords:** translation automation, large language models, iPaaS, Blackbird, orchestration, XLIFF, evaluation of results, model, neural networks, machine translation.

**1. Вступ**

Стрімке зростання обсягів багатомовного цифрового контенту в корпоративних інформаційних системах формує потребу в побудові керованих та масштабованих процесів перекладу, які здатні поєднувати високу продуктивність із контролем якості. Ускладнення сучасних середовищ розробки та публікації контенту, в яких одночасно взаємодіють CMS, TMS, репозиторії документації, маркетингові платформи та засоби аналітики, вимагає не окремих інструментів перекладу, а цілісної моделі оркестрації перекладацького процесу.

Актуальність дослідження посилюється активним впровадженням великих мовних моделей (LLM) у практику автоматизованого перекладу. Попри високий потенціал LLM, їх застосування в промислових сценаріях потребує формалізованих механізмів збереження структури документів, забезпечення термінологічної узгодженості, маршрутизації контенту та верифікації результатів. Саме тому в роботі розглядається задача побудови моделі автоматизації процесу перекладу в середовищі інтеграційної платформи Blackbird, яка поєднує переваги iPaaS-підходу та інструментів штучного інтелекту.

**2. Постановка проблеми**

У сучасних корпоративних середовищах процес перекладу багатомовного контенту характеризується високим ступенем фрагментації та залежністю від ручних операцій. Типовий процес перекладання включає етапи екстракції контенту із різномірних джерел (системи керування контентом, репозиторії документації, маркетингові платформи), передачу даних до систем керування перекладами (TMS), власне переклад, контроль якості та публікацію результатів у цільові системи. Кожен із цих етапів часто реалізується в окремих програмних продуктах, що призводить до проблем узгодження форматів даних, втрати контексту та необхідності значних витрат на інтеграцію та підтримку.

Традиційні системи автоматизації перекладу (CAT-tools та TMS) забезпечують базову підтримку пам'яті перекладів, глосаріїв та машинного перекладу, проте не вирішують проблему інтеграції процесу перекладу в загальний контекст корпоративних бізнес-процесів. Водночас, інтеграційні платформи класу iPaaS дозволяють оркеструвати взаємодію між різними системами, але їх застосування для побудови наскрізних процесів перекладу залишається малодослідженим.

Паралельний розвиток технологій штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей (LLM), відкриває нові можливості для підвищення якості та продуктивності автоматизованого перекладу. Проте пряме застосування LLM у виробничих процесах перекладу супроводжується низкою критичних проблем: по-перше,

моделі схильні до порушення структури документів, видаляючи або модифікуючи технічні теги, шаблонні позначки (placeholders) та елементи форматування, що робить результат непридатним для автоматичного зворотного складання; по-друге, відсутність детермінізму в генерації призводить до термінологічної нестабільності при повторних запусках, що ускладнює контроль якості; по-третє, обмеження контекстного вікна моделей обмежує можливість обробки довгих документів без втрати семантичної цілісності.

Додатковою проблемою є відсутність формалізованих архітектурних підходів до побудови гібридних систем, що поєднують можливості інтеграційних платформ та великих мовних моделей. Існуючі дослідження зосереджуються або на оцінюванні якості перекладу окремими LLM, або на технічних аспектах інтеграції корпоративних систем, але не розглядають комплексну модель автоматизації перекладу, яка б забезпечувала структурну цілісність документів, керуваність процесу та можливість масштабування. Таким чином, науково-практична проблема полягає у необхідності розробки формалізованої моделі автоматизації процесу перекладу, яка інтегрує можливості великих мовних моделей в оркестрований конвеєр обробки даних на базі інтеграційної платформи iPaaS, забезпечуючи при цьому збереження структури документів, стабільність термінології, контроль якості та відтворюваність результатів. Для вирішення цієї проблеми необхідно провести аналіз існуючих підходів до автоматизації перекладу, вивести базову модель та запропонувати її розширення з урахуванням специфіки застосування LLM та можливостей інтеграційної платформи Blackbird.

### 3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика автоматизації перекладу з використанням технологій штучного інтелекту та інтеграційних платформ досліджується у широкому колі наукових праць, що охоплюють різні аспекти: від оцінювання якості перекладу великими мовними моделями до архітектурних рішень побудови корпоративних систем перекладу. Аналіз сучасного наукового доробку дозволяє виділити ключові напрямки досліджень та сформулювати базову модель автоматизації перекладу, яка буде основою для подальшого розширення.

Дослідження ефективності великих мовних моделей у задачах перетворення неструктурованих текстів у стандартизовані формати засвідчує, що LLM можуть виконувати складні трансформації даних із збереженням семантичної узгодженості, однак залишаються вразливими до порушення структурної розмітки під час автоматичної генерації. Зокрема, без спеціалізованих механізмів контролю моделі схильні змінювати технічні елементи документів (теги, атрибути, параметри форматування), що знижує придатність результату для промислового використання. Відтак, актуалізується потреба у впровадженні модулів, спрямованих на збереження структурної цілісності в межах конвеєра автоматизованого перекладу [1].

Комплексне оцінювання якості багатомовного перекладу наукових публікацій із застосуванням LLM, виконане за допомогою кількісних метрик (зокрема BLEU та COMET) і демонструє високу результативність сучасних моделей для технічних текстів. Водночас фіксуються системні обмеження, пов'язані з термінологічною консистентністю та контекстними зсувами у перекладі довгих документів, що підкреслює доцільність сегментації контенту та використання спеціалізованих форматів обміну даними, які підтримують контекстну узгодженість та зменшують ризик деградації якості на великих обсягах тексту [2].

Окремий напрям досліджень зосереджений на впливі AI-опосередкованого перекладу на глобальний обмін науковими знаннями, де наголошується на ризиках неконтрольованого застосування автоматизованих систем. Зокрема, за відсутності належної валідації можливі викривлення змісту, що негативно впливає на достовірність та довіру до поширюваної інформації. У цьому контексті обґрунтовується необхідність керування процесів перекладу з чітко визначеними контрольними етапами та підходами human-in-the-loop, які забезпечують залучення експертів на критичних стадіях та підвищують надійність результатів [3].

Масштабне емпіричне дослідження мультимовного машинного перекладу на базі відкритих великих мовних моделей показало, що навіть порівняно невеликі LLM з відкритим кодом здатні виходити на рівень якості, зрівняний із провідними промисловими системами перекладу, якщо стратегія навчання обрана правильно. Запропонована у роботі [4] схема PFMS, слугує підтвердженням того, що підвищення якості та масштабованості перекладу для широкого спектра мов є цілком досяжним без опори виключно на найпотужніші комерційні рішення. З практичної точки зору це означає, що LLM варто розглядати вже не тільки як дослідницький інструмент, але й як реальну основу для корпоративних перекладацьких конвеєрів, особливо там, де на перший план виходить баланс між якістю результату, обчислювальними витратами та можливістю розгортання у виробничому середовищі.

Проблематика оцінювання якості машинного перекладу потребує метрик, здатних відобразити різні типи помилок та їхній вплив на придатність результату. У цьому контексті запропоновано підхід MQM (Multidimensional Quality Metrics) – стандартизовану багатовимірну схему анотації та класифікації помилок перекладу, яка описує категорії помилок (наприклад, точність/змістові спотворення, термінологія, граматики, стиль, пропуски/додавання, узгодженість), а також дозволяє узагальнювати ці оцінки у формалізований показник якості. Застосування такого підходу обґрунтовує доцільність впровадження спеціалізованих модулів автоматизованого контролю якості, що враховують не лише лінгвістичну правильність, але й збереження термінології, структури та відповідність контексту [5].

Сучасний розвиток машинного перекладу характеризується переходом від статистичних підходів до нейромережових (NMT), що суттєво підвищило якість перекладу та розширило можливості адаптації до доменів та стилів. Водночас практичні корпоративні процеси перекладу зберігають типову модульну структуру: попередня обробка та сегментація, використання пам'яті перекладів (Translation Memory), термінологічних словників та постредагування/верифікація результату. Така систематизація формує основу для подальшого

формулювання базової моделі автоматизації перекладу, яка в межах цього дослідження розширюється з урахуванням інтеграції LLM та механізмів контролю якості [6].

Для автоматизованого оцінювання якості машинного перекладу широко застосовуються порівняльні метрики, зокрема BLEU (Bilingual Evaluation Understudy), що дає змогу кількісно зіставляти результати різних підходів на основі збігу n-грам із еталонними перекладами. Попри відомі обмеження цього показника, його практичне використання підкреслює необхідність наявності в перекладацькому конвеєрі модуля аналітики та моніторингу якості для відстеження метрик продуктивності та своєчасного виявлення проблемних сегментів [7].

Практика оцінювання якості перекладу також еволюціонує у бік підходів, що краще узгоджуються з людськими оцінками, ніж метрики, засновані на порівнянні збігів послідовностей слів (n-грам) між перекладом та еталонним перекладом. Зокрема, підхід COMET використовує нейронні моделі та враховує вихідний текст і еталонний переклад для прогнозування якості, демонструючи високу кореляцію з людськими оцінками, що підсилює аргументацію на користь включення у перекладацький конвеєр модуля верифікації якості та аналітики, який може спиратися на сучасні метрики на кшталт BLEU та COMET для надійнішого моніторингу результатів [8].

Окремо підкреслюється, що практична придатність нейромережного перекладу залежить не лише від середньої якості, а й від здатності системи працювати в умовах доменної невідповідності (коли тематика даних для перекладу відрізняється від даних, на яких модель навчалася), обробки довгих речень та документів, наявності рідкісної термінології та потреби у стабільній генерації результату. Все це обґрунтовує необхідність диференційованих стратегій обробки контенту та маршрутизації, зокрема вибору оптимальних моделей та налаштувань залежно від типу документа та вимог до якості [9].

На рівні корпоративної автоматизації критичною передумовою є не лише концептуальне використання XLIFF, а й опора на актуальні версії стандарту, що визначають вимоги до структури, метаданих та інтероперабельності (здатності різних систем та інструментів коректно обмінюватися даними та працювати разом без втрати змісту або структури). Публікація стандарту XLIFF v2.1 фіксує сучасний стан специфікації та підтверджує доцільність використання XLIFF як базового формату обміну в перекладацькому конвеєрі, орієнтованому на збереження структурної цілісності та відтворюваність процесу [10].

Теоретичне осмислення перекладу як природного наслідку універсального мовного моделювання дозволяє по-новому поглянути на те, чому LLM демонструють таку високу міжмовну узагальнювальну здатність. Природа моделей породжує проблеми із варіативністю генерації, термінологічною нестабільністю, обмеженою інтерпретованістю результатів. Для дослідження [11] зазначені особливості є досить вагомим аргументом на користь того, щоб включити в архітектуру системи механізми контролю термінології, верифікації виходів та забезпечення відтворюваності перекладацького процесу.

На даний час широко застосовується архітектурний підхід на основі MoE-LLM, який поєднує базову велику мовну модель із розрізженими Mixture-of-Experts-компонентами. Використання даного рішення дає цікавий ефект: модель адаптується до конкретної задачі без повного перенавчання всіх параметрів, що суттєво знижує ризик втрати контексту. Якість перекладу при цьому зростає до 2.5 балів BLEU порівняно з прямим донавчанням. Такий результат підтверджує перспективність гібридних архітектур, у яких оркестрація, вибір експертів та спеціалізовані модулі органічно доповнюють загальні мовні можливості LLM, зокрема в малоресурсних (low-resource) та безресурсних (zero-shot) сценаріях [12].

Дослідження перекладу на рівні цілого документа з урахуванням мультимовної контекстуалізації [13] демонструє, що врахування міжсегментних зв'язків справді покращує узгодженість тексту, зменшує семантичні втрати та сприяє послідовному вживанню термінології впродовж усього документу. Однак, постає практичне обмеження: контекстне вікно моделей залишається скінченним, а отже, LLM необхідно поєднувати з механізмами сегментації та розбиттям інформації на менші частини (chunks). Власне, це і є однією із ключових задач оркестрації перекладацького конвеєра.

Окремо варто зупинитися на питанні масштабування LLM для підтримки широкого спектра мов. Існуючі на даний час моделі помітно зміщені в бік англійської мови і подолання цього перекоосу вимагає інклюзивного мультимовного підходу, для якого якість перекладу, вибір мовних пар та стратегія адаптації моделі розглядаються в комплексі, а не ізольовано. Для корпоративних платформ автоматизації перекладу практичний висновок такий: необхідна гнучка маршрутизація контенту з урахуванням мовної пари, домену та доступних ресурсів, замість єдиного уніфікованого сценарію обробки [14].

Узагальнені огляди сучасних підходів до застосування LLM у задачах NLP (зокрема машинного перекладу), охоплюють архітектури моделей, стратегії prompting (правильне формулювання запиту) та fine-tuning (донавчання моделі на спеціальних даних), а також ключові обмеження: якість, масштабованість, інтерпретованість, складність впровадження в реальні системи. Результат проведених досліджень зазначає, що потужна модель сама по собі ще не вирішує цю задачу і ефективне застосування LLM у перекладацьких процесах потребує формалізованої інженерної схеми та інтеграції її в прикладне середовище [15].

Наведений огляд охоплює широке коло питань: якість машинного перекладу, збереження структури документів, контекстна узгодженість, мультимовне масштабування, оцінювання результатів, підтримка низькоресурсних мов. Однак поза увагою досліджень здебільшого залишається питання інтеграції всіх цих підходів у єдину оркестровану модель, придатну для корпоративних iPaaS-середовищ. Саме ця прогалина обумовлює доцільність побудови розширеної моделі автоматизації перекладу для середовища Blackbird.

На основі аналізу наведених досліджень можна сформулювати базову модель автоматизації перекладу

TTAM (Traditional Translation Automation Model), яка відображає типову архітектуру сучасних систем та може бути представлена у вигляді кортежу (1):

$$TTAM = \{CS, PPM, MT/TM, GB, PEM\}, \quad (1)$$

де *CS* – джерела контенту (CMS, репозиторії, файлові системи); *PPM* – модуль попередньої обробки (нормалізація тексту, визначення мови, базова сегментація); *MT/TM* – рушій машинного перекладу та пам'ять перекладів; *GB* – глосарії та термінологічні бази; *PEM* – модуль постредагування та контролю якості.

Зазначена базова модель відображає типовий підхід до автоматизації перекладу, що використовується в сучасних TMS та CAT-tools. Проте проведений аналіз досліджень виявляє низку обмежень такої моделі:

- відсутність інтеграції з корпоративними бізнес-процесами: базова модель розглядає переклад як ізольовану операцію, не враховуючи необхідність оркестрації з іншими системами (системи керування задачами, платформи погодження, системи публікації контенту);

- недостатня підтримка збереження структурної цілісності: модуль попередньої обробки у базовій моделі не передбачає використання стандартизованих форматів обміну (XLIFF), що призводить до проблем при обробці контенту зі складною структурою;

- обмежені можливості застосування сучасних LLM: базова модель орієнтована на традиційні MT-рушії та не враховує специфіку інтеграції великих мовних моделей, зокрема необхідність контекстно-залежних інструкцій (prompting) та контролю за збереженням технічних елементів;

- відсутність механізмів розумної маршрутизації контенту: різні типи контенту (технічна документація, маркетингові матеріали, юридичні тексти) потребують різних стратегій перекладу, але базова модель не передбачає диференційованого підходу;

- недостатня аналітика процесу: модуль постредагування у базовій моделі зосереджений на виправленні помилок, але не забезпечує систематичного збору метрик якості, продуктивності та ефективності процесу для подальшої оптимізації.

Проведений попередній аналіз сучасних досліджень та практичних підходів до автоматизації перекладу дозволив сформулювати базову модель та виявити її обмеження, що створює основу для розробки розширеної моделі автоматизації перекладу, яка інтегрує можливості інтеграційної платформи Blackbird, забезпечує застосування великих мовних моделей з контролем структурної цілісності та враховує специфічні вимоги корпоративних процесів перекладу.

#### 4. Мета і задачі дослідження

Метою дослідження є розробка та обґрунтування розширеної моделі автоматизації процесу перекладу із застосуванням великих мовних моделей в інтеграційній платформі Blackbird, яка забезпечує збереження структурної цілісності документів, стабільність термінології, керованість процесу та масштабованість порівняно зі спеціалізованими baseline-конфігураціями автоматизації перекладу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз існуючих підходів до автоматизації перекладу та сформулювати базову модель;
- виявити обмеження базової моделі та обґрунтувати необхідність її розширення;
- розробити розширену модель автоматизації перекладу з інтеграцією додаткових компонентів;
- обґрунтувати раціональність використання кожного компонента розширеної моделі;
- провести експериментальне дослідження ефективності запропонованої моделі порівняно зі спеціалізованими baseline-конфігураціями.

#### 5. Викладення основного матеріалу

На основі аналізу обмежень базової моделі автоматизації перекладу та специфічних можливостей інтеграційної платформи Blackbird запропоновано розширену модель автоматизації процесу перекладу (Extended Translation Automation Model), яка інтегрує додаткові компоненти для забезпечення структурної цілісності документів, керованості процесу та ефективного застосування великих мовних моделей. Формально розширена модель може бути представлена у вигляді кортежу (2):

$$ETAM = \{CS, ICB, CRM, PPM, SIM, CAM, MT/TM, GB, QVM, PEM, RIM, APM, SAM\} \quad (2)$$

де *CS* – джерела контенту; *ICB* – інтеграційні конектори платформи Blackbird для автоматизованого обміну даними між джерелами контенту, сервісами перекладу та цільовими системами; *CRM* – модуль розумної маршрутизації контенту на основі типу документа, цільової аудиторії та вимог до якості; *PPM* – модуль попередньої обробки; *SIM* – модуль збереження структурної цілісності на основі формату XLIFF; *CAM* – модуль контекстно-залежної обробки LLM із застосуванням tag-aware prompting (підходу, за якого інструкції до моделі формуються з явним урахуванням структурних тегів та їх функцій, щоб перекладати лише текстовий вміст та не змінювати службу розмітку); *MT/TM* – рушій машинного перекладу та пам'ять перекладів; *GB* – глосарії та термінологічні бази; *QVM* – модуль верифікації якості з автоматичними перевірками та механізмом human-in-the-loop (організацією контрольних етапів, на яких експерт здійснює перевірку, затвердження або коригування перекладу на критичних стадіях процесу); *PEM* – модуль постредагування; *RIM* – модуль зворотної інтеграції для повернення перекладеного контенту в цільові системи; *APM* – модуль аналітики та моніторингу

продуктивності процесу; *SAM* – модуль безпеки та управління доступом.

Порівняно з базовою моделлю (1) розширена модель (2) включає сім додаткових компонентів: ICB, CRM, SIM, CAM, QVM, RIM, APM, SAM. Розглянемо раціональність використання кожного з них.

Базова модель (1) передбачає, що джерела контенту (CS) безпосередньо передають дані до модуля попередньої обробки (PPM), який на практиці вимагає розробки окремих інтеграцій для кожної пари систем, що призводить до експоненціального зростання складності при збільшенні кількості джерел контенту та цільових систем.

Інтеграційні конектори Blackbird (ICB) вирішують цю проблему шляхом стандартизації обміну даними. Платформа надає готові конектори до понад 200 корпоративних систем (Contentful, Adobe Experience Manager, Salesforce, Hubspot, Zendesk тощо), що дозволяє уніфікувати процес екстракції контенту. Кожен конектор забезпечує:

- автоматичне виявлення змін у вихідних системах через вебхуки (механізм, за якого система-джерело надсилає автоматичне повідомлення про подію/зміну) або polling (періодичне опитування системи з фіксованим інтервалом для перевірки наявності оновлень);

- нормалізацію форматів даних до внутрішнього представлення Blackbird;

- збереження метаданих (автор, дата створення, статус перекладу);

- підтримку транзакційності для гарантії цілісності даних при збоях.

Раціональність використання складової ICB полягає у зниженні витрат на розробку та підтримку інтеграцій. Замість створення  $N \times M$  окремих інтеграцій (де  $N$  – кількість джерел,  $M$  – кількість цільових систем) достатньо реалізувати  $N+M$  конекторів до єдиної шини обміну даними Blackbird, що забезпечує лінійну, а не експоненційну складність масштабування системи.

Важливо підкреслити, що використання Blackbird як середовища реалізації не означає, що запропонована модель жорстко прив'язана до цієї конкретної платформи. Архітектура розширення Blackbird побудована навколо застосунків-плагінів (apps), і для них офіційно підтримується доволі широкий спектр сценаріїв: створення з нуля, клонування наявних застосунків, форкування публічних репозиторіїв, розгортання модифікованих custom apps [16, 17]. У публічній організації bb-іо на GitHub розміщено репозиторії відповідних застосунків; шаблонний репозиторій TemplateApp, зокрема, прямо описаний як приклад написання плагінів для платформи та поширюється за ліцензією MIT [18, 19] – тобто без будь-яких суттєвих обмежень на подальше використання чи адаптацію.

Усе це дає підстави розглядати інтеграційний шар Blackbird не як закриту монолітну залежність, а радше як конкретну реалізацію плагінної моделі, окремі компоненти якої цілком можуть слугувати основою для побудови сумісних рішень в інших iPaaS-середовищах. Іншими словами, Blackbird у межах цієї роботи доцільно трактувати передусім як референтну реалізацію iPaaS-оркестрації. Натомість модулі ICB, CRM, SIM, CAM, QVM, RIM та APM спроєктовано з розрахунком на платформну незалежність і вони можуть бути відтворені в інших інтеграційних системах – за умови, що ті підтримують сумісний плагінний або конекторний механізм.

Базова модель (1) не розрізняє стратегії обробки залежно від типу контенту і до всіх документів застосовується єдиний уніфікований процес перекладу. На перший погляд це виглядає як розумне спрощення, однак на практиці призводить до субоптимальних результатів: технічна документація, маркетингові матеріали, юридичні тексти та вебконтент висувають принципово різні вимоги до точності термінології, стилю та допустимого рівня креативності перекладу. Ігнорувати цю різницю в корпоративному середовищі навряд чи виправдано.

У запропонованій моделі цю проблему вирішує модуль CRM, реалізований як rule-based механізм маршрутизації. Принципово важливо, що він аналізує не повний текст документа, а структуровані метадані, сформовані на попередніх етапах інтеграції та попередньої обробки, і саме на їх основі приймає рішення про оптимальну стратегію обробки. Такий підхід обрано свідомо. Для корпоративного перекладацького конвеєра детермінізм, пояснюваність, відтворюваність та можливість аудиту кожного рішення є не бажаними властивостями, а обов'язковими вимогами. Варто також зауважити, що подібна логіка добре узгоджується з практикою інтеграції з корпоративними системами класу CRM (зокрема HubSpot, Salesforce, Pipedrive), у яких значна частина бізнес-автоматизації традиційно задається саме наборами правил, статусів та умов переходів, а не динамічними моделями.

До складу метаданих, що використовуються CRM, входять:

- тип документа (технічна документація, маркетинг, юридичний текст);

- цільова аудиторія (внутрішні співробітники, клієнти, регуляторні органи);

- вимоги до якості (чернетковий переклад, професійний переклад, засвідчений переклад);

- пріоритетність (звичайна черга, термінова обробка);

- мовна пара (вихідна та цільова мови перекладу): для окремих мовних комбінацій можуть бути доступні спеціалізовані моделі;

- система-джерело, службовий статус документа та ознаки структурної чутливості (наявність HTML/XML-розмітки, змінних, тегів, вкладених елементів), які також фіксуються в метаданих на попередніх етапах конвеєра.

На відміну від класифікаторів, що навчаються, модуль CRM у запропонованій моделі не намагається автоматично виводити політики маршрутизації з історичних даних, він спирається на правила, задані експертно. Слід зазначити, що це також свідоме проєктне рішення, а не обмеження. Політики формуються та підтримуються фахівцями, які безпосередньо супроводжують конвеєр: з боку інтегратора це, як правило, Solution Architect, з

боку замовника – людина, яка добре знає домен, розуміє вимоги до якості та орієнтується у внутрішніх бізнес-процесах організації. Завдяки цьому маршрутизацію можна точно підлаштувати під специфіку конкретного замовника, не жертвуючи керованістю системи та прозорістю прийнятих рішень, що ілюструється у таблиці 1.

Таблиця 1

Типова матриця rule-based політик маршрутизації CRM для запропонованої моделі

Категорія контенту	Ключові метадані	Політика маршрутизації
Технічна документація	content_type=technical, висока структурна чутливість, аудиторія developers/users	Використання моделі з пріоритетом точності; temperature=0.1-0.3; обов'язкове застосування SIM; посилені структурні обмеження в CAM; автоматична валідація тегів у QVM
Маркетинговий та вебконтент	content_type=marketing/web, аудиторія external, наявність brand guidelines	Використання моделі з пріоритетом природності; temperature=0.7-0.8; додавання стилістичних настанов у CAM; застосування маркетингового глосарія; перевірка стилю та термінології в QVM
Юридичний або критичний контент	content_type=legal або compliance=true, аудиторія regulator, вимога certified/high-risk	Найбільш детермінований маршрут; temperature=0.1-0.3; спеціалізований глосарій; повний аудит через SAM; обов'язковий human-in-the-loop; публікація лише після затвердження
Внутрішній операційний контент	audience=internal, стандартний рівень якості, низька критичність	Використання швидшої моделі; скорочений набір інструкцій; базова автоматична перевірка в QVM; без обов'язкового залучення експерта
Будь-який тип контенту ознакою терміновості	priority=urgent	Пріоритетне виконання у відповідному маршруті; вибір швидшої моделі в межах допустимого класу якості; обов'язкові контрольні етапи для критичних категорій не вимикаються

Пріоритет застосування правил є ієрархічним. Спочатку перевіряється критичність документа та його нормативний статус, далі тип контенту, після цього цільова аудиторія, мовна пара та ознака терміновості. Така послідовність не випадкова: вона гарантує, що маршрут для юридичних чи регуляторно значущих матеріалів не буде спрощено лише через те, що завдання позначене як термінове або має високий операційний пріоритет.

На підставі цього аналізу CRM визначає параметри подальшої обробки. Сюди входять: вибір LLM-моделі (залежно від того, що важливіше в конкретному випадку, швидкість чи якість); рівень деталізації інструкцій через формування промптів, які задають контекст, стиль та обмеження перекладу; необхідність залучення експертів-рецензентів; критерії прийняття якості; шаблон робочого потоку; допустимий режим публікації результату.

Підтримка актуальності політик маршрутизації забезпечується через механізм версіонування. Кожен набір правил має власний ідентифікатор версії, дату введення в дію, автора змін та опис активних умов. Вся ця інформація фіксується як в аудит-логах, так і в супровідних метаданих виконання. Завдяки цьому рішення, прийняті системою в будь-який момент часу, можна відтворити та проаналізувати ретроспективно, що в корпоративному середовищі є не другорядною зручністю, а практичною необхідністю. Оновлення правил ініціюється на основі змін вимог замовника, результатів експертної перевірки в модулі QVM та метрик APM; нова редакція політики вводиться після валідації, тоді як попередні версії зберігаються як для порівняння, так і для можливого rollback.

Загальна раціональність модуля CRM зводиться до простої ідеї: підвищити якість перекладу там, де це дійсно потрібно, і оптимізувати витрати там, де достатньо швидкого рішення. Прості документи обробляються легкими моделями, критичні проходять додаткові перевірки, а логіка, яка стоїть за кожним із цих рішень, залишається прозорою та керованою.

Критичною проблемою при використанні LLM для перекладу є порушення структури документів. Дослідження [1] показали, що моделі схильні до видалення або модифікації технічних елементів (HTML-тегів, XML-атрибутів, змінних), що робить результат непридатним для автоматичного зворотного складання документа. Модуль SIM вирішує цю проблему шляхом перетворення вхідного контенту у стандартизований формат XLIFF перед передачею до LLM. Формат XLIFF є галузевим стандартом для обміну даними у індустрії перекладу [10], який забезпечує:

- чітке розділення перекладного тексту та елементів, що не можна перекладати;
- збереження структурної розмітки у вигляді окремих тегів;
- можливість сегментації тексту із збереженням контекстних зв'язків;
- стандартизований формат для валідації результатів перекладу.

Робота модуля SIM включає два етапи: на вході він розбиває документ на XLIFF-сегменти, чітко позначаючи елементи, що не підлягають перекладу; на виході він валідує структурну коректність перекладених сегментів та відновлює вихідний формат документа. Раціональність використання складової SIM підтверджується експериментальними даними: у попередньому діагностичному спостереженні (поза основним протоколом порівняльного експерименту) для прямого використання LLM без XLIFF-обгортки, без спеціальних

інструкцій щодо тегів і без структурної валідації збереження структури становило близько 62%, тоді як при обробці з використанням формату XLIFF воно зростало до 98.6%. Отже, показник 62% наведено як попереднє діагностичне спостереження і він не є прямо зіставним із результатами основного експерименту. Водночас значення 89.2% у таблиці 3 відповідає baseline-конфігурації LLM без iPaaS у межах основного протоколу, де вже застосовувалися системний prompt із інструкціями щодо тегів та глосарій.

Базова модель (1) передбачає використання машинного перекладу як «чорного ящика», який отримує вхідний текст та повертає переклад без можливості керування процесом генерації. Сучасні великі мовні моделі дозволяють застосовувати контекстно-залежні інструкції (prompting) для керування стилем, рівнем формальності та специфікою обробки технічних елементів [2].

Модуль SAM реалізує стратегію tag-aware prompting, яка складається з трьох компонентів:

- системна інструкція (system prompt), що визначає роль моделі (наприклад: «професійний технічний перекладач», «професійний перекладач художніх текстів», «лінгвіст-редактор із фокусом на термінологічну узгодженість»), мовну пару та загальні вимоги до якості;

- структурні обмеження (structural constraints), що задаються у вигляді інструкції (prompt) для LLM і явно забороняють модифікацію елементів у форматі XLIFF (наприклад, «Необхідно зберегти всі теги у форматі <x id="1"/> без змін. Перекладу підлягає виключно текстовий вміст між тегами»);

- контекстуальна інформація (contextual hints), що включає глосарії термінології, попередньо перекладені сегменти та метадані документа для підтримки консистентності.

У межах основного порівняльного експерименту для конфігурацій LLM без iPaaS та ETAM застосовувався однаковий системний prompt (лістинг 1).

Лістинг 1. Системний prompt для сегментної обробки з урахуванням тегів

You operate in a document-processing pipeline.

CONTEXT:

- \* Input is independent text SEGMENTS from a larger document.
- \* Segments may contain TAGS (global or local metadata/instructions).
- \* Local tags override global tags.

RULES:

- \* Preserve all tags, placeholders, and formatting exactly.
- \* Do not translate or modify tags unless explicitly instructed.
- \* Follow tag instructions as authoritative.

PROCESSING:

- \* Treat each segment independently.
- \* Do not assume missing context or add information.
- \* Do not merge or restructure segments.

TRANSLATION / EDITING:

- \* Preserve meaning, terminology, and structure.
- \* Keep numbers, variables, and special tokens unchanged.
- \* Do not add or remove content.

OUTPUT:

- \* Return only the transformed segment.
- \* No explanations or extra text.

PRIORITY:

tags > instructions > default behavior

Архітектурна відмінність між LLM без iPaaS та ETAM полягала не в самому системному prompt, а в механіці термінологічного контексту. У baseline-конфігурації LLM без iPaaS повний список термінів глосарія передавався в prompt незалежно від релевантності до поточного сегмента. У ETAM застосовувався RAG-подібний механізм: сегмент зіставлявся із глосарієм, після чого в prompt інжектувалася лише релевантна підмножина термінів, що зменшувало перевантаження контекстного вікна та підвищувало термінологічну точність.

Додатково SAM реалізує механізм температурного контролю (temperature control), знижуючи значення параметру temperature, який визначає ступінь випадковості та «креативності» вихідного тексту: нижчі значення роблять відповіді більш детермінованими та повторюваними, тоді як вищі – більш варіативними. Зокрема, для технічних документів значення temperature знижується до 0.1-0.3 (для забезпечення детермінізму) та підвищується до 0.7-0.9 для маркетингових матеріалів (для природності та креативності). Рациональність використання складової SAM полягає у зниженні структурних помилок та підвищенні термінологічної стабільності при збереженні високої лінгвістичної якості перекладу.

Базова модель (1) передбачає постредагування як фінальний етап, що реалізується після завершення перекладу всього документа, що призводить до ситуації, коли значні обсяги некоректного перекладу виявляються занадто пізно, що збільшує витрати на виправлення. Модуль QVM впроваджує багаторівневу систему контролю якості, яка працює на кількох етапах процесу:

- автоматична валідація структури: перевірка цілісності XLIFF-тегів, відповідність кількості сегментів,

відсутність порожніх перекладів;

- термінологічна верифікація: автоматичне порівняння використаних термінів з корпоративними глосаріями та виявлення неузгоджених перекладів;

- перевірка довжини сегментів: виявлення аномально коротких або довгих перекладів порівняно з вихідним текстом, що часто вказує на втрату або додавання інформації;

- семантична верифікація: застосування метрик COMET або інших нейронних метрик для оцінювання семантичної відповідності перекладу вихідному тексту [8];

- human-in-the-loop контроль: у випадках, коли автоматичні перевірки виявляють проблеми або документ класифіковано як критичний (модулем CRM), система автоматично ініціює процес погодження із залученням експерта.

Інтеграція механізму human-in-the-loop в модуль QVM реалізується через інтеграційні можливості Blackbird: система автоматично створює задачу в Jira або інших системах управління проектами, прикріплює проблемний сегмент, очікує на затвердження та продовжує обробку після отримання підтвердження. Раціональність використання складової QVM полягає у зниженні ризиків публікації некоректного контенту та оптимізації витрат на контроль якості шляхом залучення експертів тільки на критичних етапах.

Слід зазначити, що базова модель (1) зосереджена на процесі перекладу, але не враховує необхідність автоматизованого повернення результатів у вихідні системи. На практиці це призводить до ситуації, коли переклад виконано, але процес публікації контенту залишається ручним, що знижує загальну ефективність автоматизації. Модуль RIM забезпечує автоматичне повернення перекладеного контенту в цільові системи з використанням тих самих інтеграційних конекторів Blackbird (ICB). Залежно від типу системи, RIM реалізує різні стратегії публікації:

- для CMS: автоматичне створення локалізованих версій сторінок із збереженням ієрархії та метаданих;

- для систем документації: оновлення відповідних розділів з контролем версій;

- для маркетингових платформ: синхронізація перекладених кампаній (наборів налаштувань та оголошень у межах рекламних/комунікаційних активностей) та супровідних матеріалів (тексти, банери, лендинги, email-шаблони тощо);

- для файлових репозиторіїв: збереження перекладених документів з відповідною структурою каталогів.

Модуль RIM також підтримує різні режими публікації: автоматична публікація після успішного проходження QVM, публікація у draft-режимі для фінального погодження, а також створення запиту на внесення змін у репозиторій у системах контролю версій, який ініціює процес перегляду та затвердження правок перед їх злиттям в основну гілку (pull request). Раціональність використання складової RIM полягає у забезпеченні наскрізної автоматизації процесу «від джерела до публікації», що є ключовою перевагою інтеграційного підходу.

Існуюча на даний час базова модель (1) не передбачає систематичного збору метрик процесу, що унеможливило його поступове вдосконалення та виявлення «вузьких місць». Додавання модулю APM дозволяє реалізувати збір та подальший аналіз широкого спектру метрик:

- метрики якості: BLEU, COMET, MQM, кількість термінологічних помилок;

- метрики продуктивності: середній час обробки сегмента, throughput (кількість слів за хвилину), латентність різних етапів конвеєра;

- метрики ефективності: відсоток сегментів, що пройшли без ручного втручання, обсяг постредагування, вартість обробки;

- метрики надійності: відсоток успішних обробок, типи помилок, частота повторних обробок.

Зазначені метрики візуалізуються в інформаційній панелі (dashboard) платформи Blackbird та використовуються для прийняття рішень щодо оптимізації процесу: налаштування параметрів моделей, оновлення глосаріїв, зміни правил маршрутизації. Раціональність використання складової APM полягає у забезпеченні циклу постійного вдосконалення (continuous improvement) процесу перекладу на основі об'єктивних даних.

Як відомо корпоративний контент часто містить конфіденційну інформацію (фінансові дані, персональні дані клієнтів, комерційні таємниці), що вимагає суворого контролю доступу та відповідності нормативним вимогам (GDPR, CCPA). Додавання модулю SAM до базової моделі дозволяє реалізувати:

- рольову модель доступу (RBAC), що визначає, які користувачі мають право ініціювати переклад, редагувати результати, затверджувати публікацію;

- аудит всіх операцій з контентом для забезпечення відстеженості змін;

- шифрування даних при передачі та зберіганні;

- контроль місцезнаходження обробки даних (можливість використання LLM, розгорнутих у приватних хмарах);

- автоматизовану перевірку відповідності політикам конфіденційності перед відправкою контенту до зовнішніх LLM.

Раціональність використання складової SAM полягає у забезпеченні можливості використання автоматизації перекладу для конфіденційного контенту без порушення нормативних вимог та внутрішніх політик організації.

## 6. Результати дослідження

Запропонована розширена модель (2) відрізняється від базової моделі (1) не лише кількістю компонентів, але й принципово іншим архітектурним підходом. Якщо базова модель реалізує лінійний конвеєр обробки (від

джерела до результату), то розширена модель впроваджує:

- оркестровану архітектуру з центральним координатором (інтеграційна платформа Blackbird);
- розумну маршрутизацію з диференційованими стратегіями обробки;
- багаторівневий контроль якості з можливістю людського втручання на критичних етапах;
- наскрізну автоматизацію від екстракції до публікації контенту;
- систематичний збір аналітики для постійного вдосконалення процесу.

Запропонована архітектура забезпечує не просто автоматизацію перекладу, а й керовану трансформацію багатомовного контенту в межах корпоративних бізнес-процесів, що є якісно новим рівнем зрілості порівняно з традиційними підходами.

Для оцінювання ефективності запропонованої розширеної моделі автоматизації перекладу (2) було проведено експериментальне дослідження на тестовому наборі корпоративного контенту різних типів: технічна документація (API reference, user guides), маркетингові матеріали (landing pages, email campaigns) та юридичні документи (terms of service, privacy policies). У цьому дослідженні запропоновано термін «корпус», під яким розуміється структурована сукупність текстових документів, що сформована для проведення відповідного експерименту. Корпус містив 80 документів загальним обсягом близько 75000 слів у 5 мовних парах (en-es, en-nl, en-uk, en-pl, en-hi), причому всі переклади виконувалися в одному напрямку (з англійської мови на цільову). Корпус формувався з кількох джерел: публічно доступні матеріали (open-access технічна документація, публічні юридичні тексти на кшталт terms of service та privacy policies), документи, підготовлені автором для цільового покриття доменної термінології, AI-assisted синтетичні тестові документи для крайових термінологічних та структурних сценаріїв, а також внутрішні матеріали проєктів Blackbird (документація застосунків, сторінки вебсайту, тестові файли інтеграцій). Використання внутрішніх матеріалів Blackbird означає, що частина корпусу не є публічно доступною, тому повна відтворюваність корпусу для цього піднабору обмежена. Детальнішу структуру експериментального корпусу наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Структура експериментального корпусу за мовними парами

Мовна пара	Кількість документів	Кількість слів	Типи контенту
en-es	20	18 900	маркетинговий, технічний
en-nl	16	15 100	технічний, юридичний
en-uk	16	14 800	технічний, юридичний
en-pl	16	14 600	технічний, маркетинговий
en-hi	12	11 600	маркетинговий, технічний

У межах даної роботи базова модель ТТАМ розглядається як узагальнена архітектурна схема традиційного перекладацького конвеєра. Оскільки ТТАМ описує не окремий програмний продукт, а типовий клас промислових рішень для автоматизації перекладу, її експериментальне зіставлення доцільно здійснювати через конкретні практичні конфігурації (варіанти S1-S4). Зокрема, NMT-baseline та Phrase TMS відтворюють базову логіку ТТАМ у двох поширених виробничих реалізаціях, тоді як варіант LLM без iPaaS додано як окремий контрольний варіант прямого використання LLM без оркестраційного шару:

- варіант S1 – NMT із захистом тегів та адаптацією домену: ModernMT Enterprise як adaptive NMT-рушій із нативним tag/placeholder protection, підтримкою XLIFF, context-based adaptation у runtime та domain adaptation через fine-tuning на корпоративних ТМ-даних;

- варіант S2 – інтегрований TMS-конвеєр на базі Phrase TMS: обробка через XLIFF-сумісний робочий процес із Translation Memory, term base, автоматичними QA-перевірками, контролем дотримання корпоративної термінології та нативною інтеграцією ModernMT як MT-рушій; у дослідженні використовувалася хмарна SaaS-версія Phrase TMS, для якої постачальник не надає фіксованого номера версії кінцевим користувачам (платформа оновлюється безперервно і всі клієнти працюють на актуальній на момент використання версії); експерименти виконано у 11/2025, тому стан Phrase TMS відповідає версії, що була поточною в цей період;

- варіант S3 – LLM без iPaaS: використання моделі gpt-5 через OpenAI API із системним prompt із лістингу 1 та передачею глосарія в prompt, але без централізованої інтеграційної оркестрації, без уніфікованої структурної валідації та без human-in-the-loop;

- варіант S4 – розширена модель ETAM: повна реалізація запропонованої моделі (2) в середовищі Blackbird із використанням тієї самої моделі gpt-5 через OpenAI API та того ж самого системного prompt із лістингу 1, але з повним набором модулів ICB, CRM, SIM, CAM, QVM, RIM, APM та SAM.

Для API-конфігурації LLM у порівнюваних запусках застосовувалися узгоджені параметри: модель gpt-5, top\_p=0.8, max\_tokens не задавався явно (використовувалося значення за замовчуванням API), показник temperature маршрутизувався за типом контенту правилами CRM (0.1-0.3 для технічного та юридичного контенту, 0.7-0.8 для маркетингового контенту), усі інші параметри залишалися на значеннях OpenAI API за замовчуванням.

Отже, в експерименті порівнювалася не абстрактна ТТАМ як така, а її практично релевантні виробничі реалізації (поряд із розширеною моделлю ETAM). Такий експериментальний підхід дає змогу проводити значно коректніше порівняння, ніж просте зіставлення з прямим MT. Логіка тут така: спочатку окремо оцінюється внесок сучасного adaptive NMT із підтримкою структурно чутливого контенту, потім внесок повноцінного TMS-

конвеєра з XLIFF та термінологічним контролем, далі варіант прямого використання LLM без iPaaS, і лише після цього визначається додатковий ефект від оркестрації ETAM. Усі чотири конфігурації оцінювалися на одному й тому самому тестовому наборі (інакше порівняння просто втрачає сенс).

Для забезпечення практичної релевантності результатів усі підходи використовували однакові корпоративні глосарії. TM-ресурси та доменна адаптація застосовувалися там, де це є штатною частиною промислового процесу локалізації, тобто не штучно додавалися до всіх конфігурацій підряд, а використовувалися саме так, як це відбувається у реальному виробничому середовищі. Окремо варто зазначити методологічне рішення щодо метрики збереження структури: результати всіх систем додатково приводилися до єдиної XLIFF-орієнтованої схеми перевірки, що унеможливило вплив відмінностей між їхніми внутрішніми форматами на підсумкові показники.

Для ілюстрації переваг розширеної моделі (ETAM) порівняно з традиційними та сучасними практичними підходами було розглянуто типові випадки використання в корпоративних середовищах.

Сценарій 1: локалізація технічної документації програмного забезпечення. Проблема базової моделі полягає в тому, що команди розробки програмного забезпечення працюють з великими обсягами технічної документації (API reference, user guides, release notes), що містять численні елементи форматування, фрагменти коду, змінні та шаблонні позначки (placeholders). При використанні базової моделі (1) з прямим застосуванням MT або LLM спостерігалася систематична втрата структурних елементів: HTML-теги видалялися або модифікувалися, змінні "{variable\_name}" перекладалися як звичайний текст, шаблонні позначки типу "%s" або "{{placeholder}}" втрачалися. Такі дії призводили до того, що 75% документів потребували значного ручного відновлення структури перед публікацією.

Використання запропонованої моделі ETAM призводить до того, що документація автоматично екстрагується з системи керування контентом через інтеграційні конектори Blackbird (модуль ICB). Модуль розумної маршрутизації (CRM) ідентифікує тип контенту як «технічна документація» та встановлює високий рівень вимог до збереження структури. Модуль SIM перетворює вхідний контент у формат XLIFF, де всі технічні елементи явно позначаються як такі, що не підлягають перекладу. Модуль CAM формує спеціалізовану інструкцію (prompt) для LLM, яка фіксує структурні обмеження, наприклад, «Необхідно зберегти без змін усі елементи у форматі <x id="N"/>, змінні у фігурних дужках та фрагменти коду. Перекладу підлягає виключно описовий текст». Після генерації перекладу модуль QVM автоматично валідує цілісність усіх технічних елементів, а модуль RIM публікує результат назад у систему документації.

У цьому сценарії порівняння доцільно виконувати щонайменше за трьома показниками:

- часткою коректно збережених тегів та placeholder-ів;
- часткою сегментів, що потребують ручного відновлення структури;
- середнім часом від ініціювання перекладу до публікації.

Саме на цій групі метрик очікується найпомітніша перевага ETAM над NMT-baseline та TMS-конвеєром завдяки поєднанню SIM, CAM та автоматичної валідації в QVM.

Сценарій 2: переклад маркетингового та вебконтенту. Проблема базової моделі полягає в тому, що маркетингові матеріали та вебсторінки містять велику кількість елементів, вбудованих безпосередньо в текст (HTML-теги, посилання, кнопки із закликком до дії, параметри відстежування, мікророзмітка), а також вимагають збереження певного стилю та тону спілкування з цільовою аудиторією. Базова модель TTAM не диференціює стратегії перекладу залежно від типу контенту, застосовуючи єдиний підхід до всіх матеріалів, що призводило до втрати HTML-розмітки (26% елементів модифікувалося), порушення посилань та непослідовності стилю між різними сторінками.

Використання запропонованої моделі ETAM призводить до того, що модуль CRM аналізує метадані контенту та ідентифікує його як «маркетингові матеріали для зовнішніх клієнтів». На основі цього визначається стратегія обробки: використання LLM з підвищеним параметром temperature (0.7-0.8) для природності мови, інтеграція корпоративних настанов щодо бренду та стилю (brand guidelines / style guide) та стилістичних керівництв у контекст через модуль CAM, застосування корпоративних глосаріїв маркетингової термінології через модуль GB. Модуль SIM забезпечує збереження всієї HTML-розмітки, посилань та трекінгових параметрів у форматі XLIFF. Слід зазначити, що модуль QVM проводить додаткову перевірку відповідності корпоративно-визначеній термінології та стилістичним вимогам. Після успішного проходження автоматичних перевірок, модуль RIM публікує локалізований контент безпосередньо на вебплатформу, зберігаючи всю структуру та метадані.

Для цього типу контенту ключовими виявилися показники семантичної якості перекладу, відсоток незмінених HTML/XLIFF-елементів, рівень термінологічної та стилістичної консистентності між матеріалами, а також кількість помилок, виявлених уже на етапі публікації. Порівняння показало, що перевага ETAM у цьому сценарії формується не стільки за рахунок максимального відриву в автоматичних метриках, скільки завдяки стабільнішому збереженню структури, кращій стилістичній узгодженості між сегментами та меншій кількості помилок, що доходять до етапу публікації.

Сценарій 3: переклад юридичних та нормативних документів. Проблема базової моделі полягає в тому, що юридичні тексти (умови використання, політики конфіденційності, нормативні документи) вимагають абсолютної точності термінології, збереження контексту у довгих документах та можливості аудиту всіх змін. Базова модель TTAM не забезпечує механізмів контролю якості із залученням експертів на критичних етапах. При використанні LLM спостерігалися контекстні зсуви у довгих документах (середня довжина 15-25 сторінок),

термінологічна непослідовність (різні переклади одного терміну в межах документа) та відсутність аудит-логів для відстеження, хто і коли зробив зміни.

Рішення через розширену модель ETAM призводять до того, що модуль CRM класифікує документ як «юридичний/критичний», а це в свою чергу автоматично активує найвищий рівень контролю якості. Модуль SAM забезпечує повний аудит усіх операцій: хто ініціював переклад, які сегменти оброблялися, які моделі використовувалися, хто затверджував результати. Модуль SIM розбиває довгий документ на семантичні сегменти в форматі XLIFF, зберігаючи контекстні зв'язки між ними. Модуль CAM застосовує спеціалізований юридичний глосарій та встановлює параметр temperature в межах 0.1-0.3 для детермінованої генерації. Після автоматичного перекладу модуль QVM виявляє всі сегменти, де використано нестандартну термінологію або виявлено потенційні контекстні проблеми та автоматично створює задачі в Jira для юридичного експерта. Експерт, в свою чергу, переглядає тільки проблемні сегменти (8-12% від загального обсягу), затверджує або коригує їх, після чого система продовжує обробку. Модуль APM фіксує всі метрики процесу для звітності перед регуляторними органами.

У юридичному сценарії до групи обов'язкових показників входять контекстні помилки на 1000 слів, рівень відповідності корпоративному глосарію, частка сегментів, що були передані на експертний перегляд, середній час залучення експерта та повнота аудит-логу. Саме ці метрики дозволяють коректно порівняти ETAM не тільки з LLM без iPaaS, а й з більш сильним TMS-підходом, у якому вже реалізовано XLIFF-обмін, термінологічний контроль та кероване постредагування.

Сценарій 4: масштабований переклад корпоративного контенту. Проблема базової моделі полягає в тому, що великі організації одночасно перекладають різні типи контенту: внутрішні політики, процедури, навчальні матеріали, довідкові системи, комунікації для співробітників. Відсутність централізованого процесу в базовій моделі TTAM призводить до того, що кожен підрозділ організує переклад самостійно, використовуючи різні інструменти та підходи, що ускладнює контроль якості, унеможливує повторне використання перекладів, призводить до термінологічної неузгодженості між документами та дублювання витрат.

Використання запропонованої моделі ETAM призводить до того, що в інтеграційній платформі Blackbird створюються типові робочі потоки (workflow templates) для кожного типу корпоративного контенту. Модуль ICB забезпечує уніфікований доступ до всіх джерел контенту організації (SharePoint, Confluence, внутрішній портал, системи навчання). Модуль CRM автоматично направляє кожен документ до відповідного робочого потоку, де заздалегідь визначена послідовність кроків обробки, перевірки та публікації (workflow) на основі метаданих. Модуль GB підтримує централізований корпоративний глосарій, який автоматично застосовується до всіх перекладів незалежно від підрозділу-ініціатора. Модуль APM збирає метрики по всіх процесах перекладу в організації, що дозволяє виявляти неефективні практики та оптимізувати витрати. Модуль RIM автоматично публікує перекладений контент назад у відповідні системи, інформує зацікавлені сторони про готовність матеріалів.

У сценарії масштабованого корпоративного перекладу поряд із класичними метриками якості до інтерпретації результатів додатково включалися кількість документів, що обробляються паралельно, частка повністю автоматизованих запусків, рівень повторного використання сегментів через Translation Memory, операційна трудомісткість постредагування та час від запиту до публікації. Саме така група показників дає змогу коректно порівнювати ETAM із інтегрованим TMS-конвеєром на базі Phrase TMS, а не лише з ізольованим MT або автономною LLM.

Кількісне порівняння виконувалося за поєднанням автоматичних, структурних, процесних та експертних показників. BLEU обчислювався на корпусному рівні за допомогою sacreBLEU з tokenization 13a; порівняння виконувалося без урахування регістру із застосуванням exp smoothing. COMET обчислювався моделлю Unbabel/wmt22-comet-da на рівні сегментів з подальшим усередненням до рівня корпусу. Як еталон використовувався один референтний переклад на сегмент, підготовлений командою оцінювачів.

Показник збереження структури визначався як частка XLIFF-елементів <trans-unit>, у яких усі вкладені структурні елементи (<ph>, <x>, <bx>, <ex>, <mrk>) були збережені без модифікації та відповідали структурі вихідного <source>. Частка ручного постредагування визначалася як відсоток сегментів, що потребували щонайменше одного ручного виправлення після автоматичного перекладу. Термінологічні помилки фіксувалися автоматично шляхом зіставлення вихідних сегментів із корпоративним глосарієм; контекстні помилки оцінювалися на пропорційній підвбірці, що охоплювала всі 5 мовних пар і три домени та нормувалися на 1000 слів.

Відтворюваність оцінювалася на репрезентативній вибірці обсягом 20-25% корпусу як частка сегментів, що дали відмінний результат під час двох незалежних прогонів за незмінних параметрів. Продуктивність визначалася як відношення загального обсягу слів у датасеті до сумарного машинного часу обробки без урахування черг та часу очікування людини. Час від запиту до публікації розраховувався як середнє значення за завершеними задачами на рівні документа та включав екстракцію, препроцесинг, переклад, QA-перевірки, human-in-the-loop етапи та публікацію. Абсолютні витрати у валютному вираженні в роботі не наведено, оскільки для конфігурацій із залученням людини в контурі (human-in-the-loop) коректний розрахунок потребує явної монетизації праці експертів (погодинні ставки, моделі оплати, непрямі організаційні витрати), а ці дані зазвичай належать до комерційно чутливої інформації і не підлягають публічному розкриттю. Крім того, побудова уніфікованої моделі «витрати на 1 тис. слів» для гібридних конвеєрів є самостійною методологічною задачею, що виходить за межі поточного дослідження; у подальших роботах планується окремо опрацювати цей напрям

та подати формалізований підхід до оцінювання витрат.

Експертне оцінювання виконувала група з трьох фахівців із практичним досвідом у індустрії локалізації. Усі троє регулярно працюють із перекладацькими workflow, CAT-інструментами та процедурами локалізаційного контролю якості, що забезпечило коректне застосування рамки MQM. Оцінювачі готували референтні переклади та виконували якісну анотацію для всіх п'яти мовних пар (en-es, en-nl, en-uk, en-pl, en-hi); розподіл завдань здійснювався за мовною компетенцією кожного оцінювача. Для узагальнення результатів практичних сценаріїв було проведено порівняльний кількісний аналіз чотирьох підходів. Для зниження впливу стохастичної варіативності генерації застосовано repeated sampling: для кожної конфігурації виконано 6 незалежних прогонів, а в таблицях 3 та 4 наведено усереднені результати. Показники якості в таблиці 3 подано як зважене середнє за всім корпусом з вагами, пропорційними обсягу мовної пари в словах; показник часу від запиту до публікації наведено як середнє значення за завершеними задачами на рівні документа.

Таблиця 3

Порівняльний аналіз ефективності підходів до автоматизації перекладу

Метрика	S1	S2	S3	S4
BLEU	42.2	39.8	37.4	45.2
COMET	0.78	0.81	0.74	0.81
Збереження структури, %	97.1	98.1	89.2	98.4
Контекстні помилки, на 1000 слів	4.6	3.6	7.4	3.3
Термінологічні помилки, на 1000 слів	3.2	2.6	5.8	2.6
Ручне постредагування, %	13	11	31	9
Продуктивність, слів/хв	1 500	1 450	1 750	1 550
Відтворюваність, %	5	2	10	4
Час від запиту до публікації, год	7	8	9	6

Для наочного якісного порівняння нижче наведено два речення з документів тестового корпусу (EN) – це ілюстративний приклад для зіставлення систем.

1. "The API gateway enforces OAuth 2.0 authentication and applies rate limiting to prevent latency spikes during peak traffic."

2. "All user data must comply with GDPR requirements, and the caching layer should invalidate stale entries every 15 minutes."

Розглянемо, як здійснилося якісне порівняння перекладу для пари en-es у текстовому форматі. Для експериментального варіанту (S1) речення 1 перекладено як "El API gateway aplica autenticación OAuth 2.0 y limita la tasa para evitar picos de latencia durante el tráfico máximo.", а речення 2 – "Todos los datos de usuario deben cumplir con los requisitos del GDPR, y la capa de caché debe invalidar las entradas obsoletas cada 15 minutos.". Дивлячись на результат робимо висновок, що теги збережено коректно, загальна точність висока, однак термінологія не завжди стандартизована, а GDPR не локалізовано до RGD.

Для варіанту (S2) речення 1 подано як "El API Gateway aplica autenticación OAuth 2.0 y control de tasa para evitar picos de latencia durante períodos de alto tráfico.", речення 2 – "Todos los datos de usuario deben cumplir con los requisitos del RGD, y la capa de caché debe invalidar las entradas obsoletas cada 15 minutos.". Дивлячись на результат робимо висновок, що зафіксовано високу термінологічну консистентність, коректну локалізацію GDPR → RGD та максимально точне збереження структури, хоча стиль дещо формальний.

Для варіанту (S3) речення 1 має вигляд "La puerta de enlace API utiliza autenticación OAuth 2.0 y aplica límites para evitar aumentos de latencia cuando hay mucho tráfico.", а речення 2 – "Todos los datos de los usuarios deben seguir las reglas de GDPR, y el sistema de caché debería borrar datos antiguos cada 15 minutos.". Дивлячись на результат робимо висновок, що стиль природніший, проте присутні термінологічні помилки, втрачається точність ("invalidate" → "borrar") та спостерігається більше контекстних відхилень.

Для варіанту (S4) речення 1 перекладено як "El API Gateway aplica autenticación OAuth 2.0 y control de tasa para evitar picos de latencia durante períodos de alta carga.", а речення 2 – "Todos los datos de usuario deben cumplir con los requisitos del RGD, y la capa de caché debe invalidar las entradas obsoletas cada 15 minutos.". Дивлячись на результат робимо висновок, що отримано баланс точності та природності, консистентну термінологію, мінімум контекстних збоїв та результат, близький до готового до публікації без постредагування.

Для додаткової кількісної оцінки внеску окремих компонентів ETAM виконано абляційний аналіз. У кожній конфігурації послідовно вимикався лише один модуль (SIM, CAM, CRM або QVM), тоді як решта модулів

та загальний експериментальний протокол залишалися незмінними. У таблиці 4 свідомо наведено обмежений набір показників: BLEU, збереження структури, термінологічні помилки та частку ручного постредагування, оскільки саме ці метрики виявилися найбільш контрастними та практично значущими для зіставлення внеску модулів; решта зафіксованих процесних індикаторів мали допоміжний характер і не змінювали основних висновків.

Таблиця 4

Абляційний аналіз внеску модулів ETAM

Конфігурація	BLEU	Збереження структури, %	Термінологічні помилки, на 1000 слів	Ручне постредагування, %
ETAM (повна)	45.2	98.4	2.6	9.0
ETAM – SIM	43.5	92.0	2.5	20.0
ETAM – CAM	40.5	95.5	4.0	17.5
ETAM – CRM	42.5	97.5	3.35	14.0
ETAM – QVM	44.4	98.4	2.4	20.5
LLM без iPaaS	37.4	89.2	5.8	31.0

Результати абляційного аналізу дозволяють зробити кілька важливих висновків щодо ролі модулів у складі ETAM. Вимкнення SIM майже не змінює лінгвістичні метрики, але призводить до суттєвого падіння структурної цілісності (до 92.0%) та помітного зростання постредагування, що підтверджує його вузькоспеціалізовану роль у захисті структури. Вимкнення CAM дає найбільшу деградацію за сукупністю показників (BLEU, структура, термінологія, постредагування), що узгоджується з його функцією керування інструкціями, температурним режимом та контекстною інжекцією термінології. Вимкнення CRM демонструє помірне, але стабільне погіршення за всіма ключовими метриками, тобто маршрутизація за метаданими додає системі міждоменну стійкість. Вимкнення QVM майже не впливає на BLEU та структурну точність, проте різко збільшує частку ручного постредагування (до 20.5%), що прямо підтверджує його призначення як модуля раннього виявлення проблемних сегментів та зменшення навантаження на фінальний етап.

Аналіз даних таблиці 3 дозволяє зробити наступні висновки:

- за показниками автоматичної якості перекладу модель ETAM демонструє найкращий результат: за BLEU (45.2 проти 42.2 у NMT-baseline, 39.8 у Phrase TMS та 37.4 у LLM без iPaaS) і виходить на найвищий рівень; за COMET (0.81 на рівні з Phrase TMS та вище за NMT 0.78 та LLM 0.74). Це підтверджує, що інтеграція LLM у керований конвеєр дає не лише архітектурний вииграш, а й вимірюване покращення лінгвістичної якості;

- у задачах зі структурно чутливим контентом ETAM також показує найвищий рівень збереження структури – 98.4%, що перевищує результати Phrase TMS (98.1%), NMT з tag protection (97.1%) та LLM без iPaaS (89.2%). Відрив від Phrase TMS є невеликим, однак він відображає додатковий внесок модуля SIM та структурної валідації в QVM;

- за контекстною цілісністю та обсягом ручного втручання розширена модель також посідає перше місце: кількість контекстних помилок знижено до 3.3 на 1000 слів проти 3.6 у Phrase TMS, 4.6 у NMT та 7.4 у LLM без iPaaS, а частка ручного постредагування скоротилася до 9% проти 11%, 13% та 31% відповідно. Такий результат закономірний: CRM, CAM та QVM працюють як взаємопов'язана система, що зменшує частку проблемних сегментів до фінального етапу;

- термінологічна точність залишається одним із найбільш показових результатів: ETAM досягає 2.6 термінологічних помилок на 1000 слів – на рівні з Phrase TMS (2.6) і при цьому помітно випереджає NMT-baseline (3.2) та LLM без iPaaS (5.8). Це означає, що інтегрований TMS-конвеєр залишається сильним baseline у сфері суворого дотримання термінології, тоді як перевага ETAM проявляється у поєднанні термінологічної точності з кращою контекстною якістю та нижчим обсягом постредагування;

- з погляду операційної ефективності ETAM забезпечує найкращий баланс між якістю та часом проходження конвеєра: за показником «час від запиту до публікації» система має найкращий результат (6 годин проти 7, 8 та 9), тоді як за сировою продуктивністю в словах за хвилину поступається LLM без iPaaS (1 550 проти 1 750), але випереджає NMT (1 500) та Phrase TMS (1 450). Це свідчить, що оркестрація та контроль якості додають процесні накладні витрати, проте дають кращий практичний результат за рахунок зменшення кількості проблемних виходів;

- за відтворюваністю ETAM також не є найкращою системою: Phrase TMS демонструє варіативність 2% проти 4% у ETAM, тоді як NMT та LLM без iPaaS мають 5% та 10% відповідно. Це пояснюється тим, що вищий детермінізм Phrase TMS досягається жорстким TM-матчингом та більш шаблонізованою обробкою, тоді як ETAM спирається на LLM-генерацію з залишковою стохастичністю навіть за керованих параметрів.

Додатковий аналіз розподілу результатів за доменами та мовними парами проводився для en-es, en-nl, en-uk, en-pl та en-hi. Загальна тенденція узгоджується з агрегованими метриками таблиці 3: найкращі результати системи демонстрували на технічному контенті, тоді як юридичний домен залишався найскладнішим через вищу щільність термінології та вимоги до контекстної узгодженості на довших фрагментах. Для baseline-конфігурацій типовими залишалися модифікація тегів та placeholder-ів у LLM без iPaaS, термінологічний дрейф у NMT без оркестрації та застарілі TM-підстановки в Phrase TMS; для ETAM найбільш уразливими були поодинокі стилістичні розриви на межах довгих частини (chunks) та неповне покриття вузькоспеціалізованої юридичної

термінології.

Отримані результати показують, що запропоновану розширену модель автоматизації перекладу (2) коректно порівнювати саме з сильними практичними baseline-конфігураціями: NMT із захистом тегів та адаптацією домену, а також інтегрованим TMS-конвеєром на базі Phrase TMS. За більшістю ключових метрик ETAM демонструє найкращий результат, а в тих аспектах, де її перевага не є абсолютною, порівняння все одно підтверджує конкурентоспроможність підходу. Ключовими факторами успіху залишаються: інтеграція LLM у структурований конвеєр з контролем цілісності (SIM), контекстно-залежна обробка (CAM), багаторівневий контроль якості (QVM) та наскрізна автоматизація в середовищі інтеграційної платформи Blackbird.

### 7. Висновки та перспективи подальших досліджень

У рамках даного дослідження було вирішено науково-практичну задачу розробки формалізованої моделі автоматизації процесу перекладу із застосуванням великих мовних моделей в інтеграційній платформі Blackbird. Проведений аналіз сучасних наукових праць дозволив сформулювати базову модель автоматизації перекладу (1), яка відображає типову архітектуру традиційних систем керування перекладами та CAT-tools. Виявлено критичні обмеження базової моделі: відсутність інтеграції з корпоративними бізнес-процесами, недостатня підтримка збереження структурної цілісності документів, обмежені можливості застосування сучасних LLM, відсутність механізмів розумної маршрутизації контенту та недостатня аналітика процесу.

На основі цього аналізу запропоновано розширену модель автоматизації перекладу (2), яка включає сім додаткових компонентів: інтеграційні конектори Blackbird (ICB) для стандартизації обміну даними, модуль розумної маршрутизації контенту (CRM) для диференційованої обробки різних типів документів, модуль збереження структурної цілісності (SIM) на основі формату XLIFF, модуль контекстно-залежної обробки LLM (CAM) з використанням інструменту tag-aware prompting, модуль верифікації якості за рахунок використання механізму human-in-the-loop (QVM), модуль зворотної інтеграції (RIM) для автоматичної публікації результатів, модуль аналітики та моніторингу продуктивності (APM). Кожен із цих компонентів детально обґрунтовано з точки зору раціональності його використання та внеску в підвищення загальної ефективності системи.

Експериментальне дослідження підтвердило ефективність запропонованої розширеної моделі, і що принципово, підтвердило це у порівнянні зі справді потужними практичними baseline-конфігураціями: сучасним NMT із захистом тегів і адаптацією домену та повноцінним TMS-конвеєром на базі Phrase TMS. За узагальненими результатами repeated sampling (6 незалежних прогонів на конфігурацію) ETAM демонструє найкраще поєднання якості та керованості процесу: BLEU – 45.2, COMET – 0.81 (на рівні Phrase TMS), збереження структури документів – 98.4%, контекстні помилки – 3.3 на 1000 слів, частка ручного постредагування – 9%, продуктивність – 1 550 слів за хвилину, час від запиту до публікації – 6 годин.

Два показники заслуговують на окремий коментар. За термінологічною точністю ETAM виходить на рівень Phrase TMS 2.6 помилки на 1000 слів, але не перевершує його. За відтворюваністю модель також поступається: 4% проти 2%. Останнє має зрозуміле пояснення: Phrase TMS спирається на жорсткий TM-матчинг, а ETAM використовує LLM, яка зберігає залишкову стохастичність навіть за керованого значення temperature. Це не вада архітектури, а властивість підходу, яку слід враховувати при виборі конфігурації під конкретні вимоги.

Загальний висновок від цього стає лише більш зваженим: розширена модель не просто випереджає менш інтегровані конфігурації, а демонструє практично значущу конкурентоспроможність у порівнянні із зрілими промисловими TMS- та NMT-рішеннями.

Практична цінність дослідження полягає у створенні формалізованої, масштабованої моделі автоматизації перекладу, яка може бути адаптована для різних типів корпоративного контенту (технічна документація, маркетингові матеріали, вебконтент, юридичні документи) з урахуванням специфічних вимог до якості, структури та термінології. Запропонована модель забезпечує не просто автоматизацію перекладу, а керовану трансформацію багатомовного контенту в межах корпоративних бізнес-процесів, що представляє якісно новий рівень зрілості порівняно з традиційними підходами.

Напрямами подальших досліджень є розширення моделі для підтримки мультимодального контенту (зображення, відео, аудіо з субтитрами), впровадження механізмів активного навчання для автоматичного вдосконалення глосаріїв на основі редагувань експертів, дослідження можливостей використання спеціалізованих domain-adapted LLM (моделей, додатково адаптованих до конкретної предметної області шляхом донавчання або налаштування на галузевих наборах текстів та термінологічних ресурсах) для підвищення якості перекладу в вузькоспеціалізованих галузях (медицина, юриспруденція, фінанси) та інтеграція механізмів пояснюваності (explainability) для підвищення довіри до результатів автоматизованого перекладу.

**Внесок авторів.** Безуглий Віталій Олександрович виконав концептуалізацію дослідження, формалізацію базової та розширеної моделей, підготовку первинної редакції рукопису та узагальнення результатів. Філімончук Тетяна Володимирівна здійснювала наукове керівництво, методологічне уточнення дослідження та редагування тексту статті. Майстренко Галина Валеріївна брала участь у валідації структури дослідження, аналізі отриманих результатів та підготовці рукопису до подання. Севостьянова Олена Миколаївна долучилася до інтерпретації результатів, змістового рецензування та фінального редагування рукопису. Усі автори ознайомилися з остаточною версією статті та схвалили її до публікації.

**Декларація про штучний інтелект.** Під час підготовки рукопису автори використовували інструменти штучного інтелекту виключно для мовно-стилістичного доопрацювання, структуризації тексту та перевірки формулювань. Усі наукові положення, результати дослідження, їх інтерпретація та остаточне редагування належать авторам. Автори несуть повну відповідальність за зміст статті.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Робота виконана відповідно до принципів академічної доброчесності, етичних норм проведення наукових досліджень та вимог редакційної політики щодо запобігання конфлікту інтересів.

#### Список використаної літератури

1. Brach W., Kostal K., Ries M. The Effectiveness of Large Language Models in Transforming Unstructured Text to Standardized Formats. *IEEE Access*. 2025. Vol. 13. P. 91808–91825. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3573030>
2. Kleidermacher H. C., Zou J. Science Across Languages: Assessing LLM Multilingual Translation of Scientific Papers. *arXiv preprint*. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.17882>
3. Amano T., Ramírez-Castañeda V., Berdejo-Espinola V. The manifold costs of being a non-native English speaker in science. *PLoS Biology*. 2023. Vol. 21, No. 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002184>
4. Cui M., Gao P., Liu W., Luan J., Wang B. Multilingual Machine Translation with Open Large Language Models at Practical Scale: An Empirical Study. *Proceedings of NAACL 2025*. P. 5420–5443. <https://doi.org/10.18653/v1/2025.naacl-long.280>
5. Lommel A. R., Uszkoreit H., Burchardt A. Multidimensional Quality Metrics (MQM): A Framework for Declaring and Describing Translation Quality Metrics. *Tradumàtica: Tecnologies de la Traducció*. 2014. №12. P. 455–463. <https://doi.org/10.5565/rev/tradumatica.77>
6. Koehn P. *Neural Machine Translation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 406 p. <https://doi.org/10.1017/9781108608480>
7. Post M. A Call for Clarity in Reporting BLEU Scores. *Proceedings of the Third Conference on Machine Translation (WMT): Research Papers*. 2018. P. 186–191. <https://doi.org/10.18653/v1/W18-6319>
8. Rei R., Stewart C., Farinha A. C., Lavie A. COMET: A Neural Framework for MT Evaluation. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. 2020. P. 2685–2702. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-main.213>
9. Koehn P., Knowles R. Six Challenges for Neural Machine Translation. *Proceedings of the First Workshop on Neural Machine Translation*. 2017. P. 28–39. <https://doi.org/10.18653/v1/W17-3204>
10. OASIS Standard. XLIFF v2.1 (XML Localization Interchange File Format). Approved: 13 Feb 2018. URL: <https://www.oasis-open.org/standard/xliffv2-1/> (дата звернення: 14.01.2026).
11. Balashov Y. Translation in the Wild. *Information*. 2025. Vol. 16, No. 12. Article 1077. <https://doi.org/10.3390/info16121077>
12. Shaolin Zhu, Leiyu Pan, Dong Jian, Deyi Xiong. Overcoming Language Barriers via Machine Translation with Sparse Mixture-of-Experts Fusion of Large Language Models. *Information Processing & Management*. 2025. Article 104078. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2025.104078>
13. Ramos M. M., Fernandes P., Agrawal S., Martins A. F. T. Multilingual Contextualization of Large Language Models for Document-Level Machine Translation. *arXiv*. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12140>
14. Yingfeng Luo, Ziqiang Xu, Yuxuan Ouyang, Murun Yang, Dingyang Lin, Kaiyan Chang, Tong Zheng, Bei Li, Peinan Feng, Quan Du, Tong Xiao, Jingbo Zhu. Beyond English: Toward Inclusive and Scalable Multilingual Machine Translation with LLMs. *arXiv*. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.07003>
15. Qin L., Chen Q., Feng X. et al. Large Language Models Meet NLP: A Survey. *Frontiers of Computer Science*. 2026. Vol. 20. Article 2011361. <https://doi.org/10.1007/s11704-025-50472-3>
16. Setting Up a Blackbird Project. *Blackbird.io*. URL: <https://docs.blackbird.io/sdk/setup> (дата звернення: 26.03.2026).
17. Deploying Your App. *Blackbird.io*. URL: <https://docs.blackbird.io/sdk/deploying> (дата звернення: 26.03.2026).
18. TemplateApp: An example of BlackBird apps. *GitHub repository*. URL: <https://github.com/bb-io/TemplateApp> (дата звернення: 26.03.2026).
19. Blackbird organization on GitHub. *GitHub repository*. URL: <https://github.com/bb-io> (дата звернення: 26.03.2026).

**Надійшла до редакції: 14.01.26**

**Прийнята до друку: 12.06.26**

**Опубліковано: 30.06.26**