

О. А. Поворознюк, А. І. Поворознюк

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-ПОШУКОВА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ З ОЦІНКОЮ РЕЛЕВАНТНОСТІ ПОШУКУ

Анотація. **Актуальність.** В роботі розглянуто процес розробки інформаційно-пошукової системи для сучасних систем електронної комерції з оцінкою релевантності результатів пошуку. Класичні пошукові механізми, що ґрунтуються лише на збігу ключових слів, часто не враховують контекст та морфологію запитів, синоніми та вагомість окремих слів, ступінь відповідності знайдених результатів очікуванням користувача. Тому актуальним є створення інтелектуальних пошукових систем з оцінкою релевантності результатів пошуку, які здатні враховувати наміри користувача та адаптуватися до його індивідуальних потреб. **Предметом дослідження є методи підвищення релевантності результатів пошуку на основі аналізу запитів користувачів та ранжування характеристик товарів. Мета роботи полягає** в підвищенні ефективності пошуку у інформаційно-пошукових системах електронної комерції шляхом впровадження модифікованого методу оцінки релевантності. **Були отримані наступні результати.** Розглянуто особливості формування пошукових потреб користувачів, проведено аналіз моделей оцінки релевантності, розроблено та протестовано систему електронної комерції з оцінкою релевантності, яка засвідчила покращення показників ефективності пошуку. **Висновки.** Використання методів оцінки релевантності для побудови пошукових систем у сфері електронної комерції є ефективним напрямом підвищення якості інформаційно-пошукових сервісів. Отримані результати свідчать про перспективність подальших досліджень у напрямі адаптації моделей інформаційного пошуку до специфіки онлайн-торгівлі, удосконалення алгоритмів ранжування та інтеграції методів машинного навчання для персоналізації видачі результатів.

Ключові слова: електронна комерція, пошукова система, комп'ютерна система, базова модель, релевантність, ранжування, ефективність пошуку, модель оцінки релевантності.

Вступ

Постановка проблеми. У сучасних умовах стрімкого розвитку електронної комерції, ефективність функціонування інтернет-магазину значною мірою визначається якістю та зручністю пошуку товарів. Користувачі очікують отримати релевантні результати запиту за лічені секунди, а будь-яка затримка або неточність у видачі може призвести до втрати потенційного покупця. Проблема точності пошуку особливо актуальна для великих інтернет-магазинів із широким асортиментом, де класичні методи пошуку часто не враховують контекст, морфологію запитів, синонімію та вагомість окремих слів.

В умовах високої конкуренції якість пошукової системи стає одним із ключових факторів, що впливає на рівень конверсії, задоволеність клієнтів та фінансові показники бізнесу. Відсутність системи оцінки релевантності пошукових результатів призводить до того, що користувачі не знаходять потрібні товари або отримують невідповідні результати, що знижує ефективність платформи загалом. Саме тому створення інтелектуальної пошукової системи з механізмом оцінки релевантності є актуальним завданням для сучасних систем електронної комерції.

Аналіз літератури. Інформаційно-пошукова система (ІПС) є складним комплексом програмних і апаратних засобів, що забезпечують процеси збирання, зберігання, оброблення та видачі інформації відповідно до інформаційних потреб користувачів [1]. ІПС виконують наступні операції:

- пошук документів;
- аналіз вмісту документів;
- побудова пошукових образів документів (вигляд з документів інформації, що використовується системою як знання про документ);

- зберігання пошукових образів документів (відомостей про документи);

- аналіз запитів користувачів (споживачів інформації);

- пошук релевантних (відповідних) запитів документів;

- видача посилань на документи споживачам.

Ефективність інформаційного пошуку визначають показники, що характеризують знаходження релевантних документів. Вони поділяються на семантичні (точність і повнота пошуку, коефіцієнт інформаційного шуму та коефіцієнт втрат) та техніко-економічні (оперативність пошуку, вартість та трудомісткість пошуку) [2].

У сучасному інформаційному суспільстві, де обсяги даних зростають у геометричній прогресії, пошук релевантної інформації стає ключовим завданням. Саме тому розробка ефективних пошукових систем є одним із найважливіших напрямів у сфері інформаційних технологій [3].

Релевантність у цьому контексті визначається як ступінь відповідності документа інформаційному запиту користувача. Вона може мати як об'єктивний, так і суб'єктивний характер: з одного боку, існують формальні критерії відповідності, з іншого – індивідуальні очікування користувача, які не завжди можна точно описати математично. Тому сучасні пошукові системи прагнуть поєднувати формальні алгоритми з елементами адаптації до поведінки користувача [4].

Класифікація пошукових систем може здійснюватися за різними критеріями. Найчастіше виділяють системи, орієнтовані на текстові дані, мультимедійні ресурси або структуровані бази даних. За принципом пошуку розрізняють повнотекстові системи, що аналізують увесь вміст документа, систе-

ми, які працюють лише з метаданими, та гібридні рішення. Нарешті, за сферою застосування пошукової системи поділяють на універсальні, спеціалізовані та корпоративні.

Інтернет-магазини призначені для пошуку та продажу конкретних товарів та послуг. Вони можуть розглядатися як спеціалізовані ІПС, орієнтовані на пошук в обмеженій базі даних товарів, а не в масиві документів, як у пошукових системах типу Google.

Незважаючи на вказані обмеження, слід зрозуміти, що навіть у межах електронної комерції можуть існувати різні підходи до організації пошуку: від простого пошуку за назвою товару до складних систем, що враховують семантику запиту та індивідуальні вподобання клієнта [5].

Додатково варто зазначити, що розвиток пошукових систем тісно пов'язаний із еволюцією методів обробки природної мови. Якщо на початкових етапах пошук зводився до простого співставлення ключових слів, то сьогодні все більшого значення набуває семантичний аналіз, який дозволяє враховувати контекст запиту. Це означає, що система здатна розпізнавати не лише буквальний збіг слів, а й смислові зв'язки між ними. Такий підхід особливо важливий у сфері електронної комерції, де користувач може формулювати запит у довільній формі, наприклад: «зручні кросівки для бігу» або «ноутбук для роботи з графікою».

Ще однією тенденцією є інтеграція пошукових систем із механізмами рекомендацій. Сучасні інтернет-магазини не лише надають користувачеві список товарів, що відповідають його запиту, а й пропонують додаткові варіанти, які можуть його зацікавити. Це досягається завдяки аналізу поведінкових факторів: історії переглядів, попередніх покупок, часу перебування на сторінках. Таким чином, пошукова система перетворюється на інструмент персоналізації, що підвищує ймовірність здійснення покупки.

Важливим аспектом є й оцінка ефективності пошукових систем [6]. Традиційно для цього використовують такі показники, як повнота (частка релевантних документів, які система змогла знайти) та точність (частка знайдених документів, що дійсно є релевантними). У практиці електронної комерції ці критерії набувають прикладного значення: якщо пошук видає занадто багато нерелевантних результатів, користувач може залишити сайт; якщо ж система не знаходить потрібний товар, магазин втрачає потенційного клієнта. Тому завданням розробників є досягнення оптимального балансу між повнотою та точністю пошуку.

У підсумку можна сказати, що інформаційно-пошукові системи є не лише технічним інструментом, а й важливим елементом взаємодії користувача з інформаційним середовищем [7]. Їхня класифікація та розвиток відображають загальні тенденції в інформаційних технологіях: від простого пошуку за ключовими словами до інтелектуальних систем, здатних розуміти наміри користувача та адаптуватися до його індивідуальних потреб.

Метою дослідження є розробка та впровадження інформаційно-пошукової системи з оцінкою релевантності результатів пошуку для інтернет-магазину на базі платформи WordPress з використанням плагіна WooCommerce. Основна задача полягає у створенні адаптивного пошукового механізму, здатного підвищити точність і швидкість видачі результатів завдяки використанню алгоритмів оцінки релевантності.

1. Особливості формування пошукових потреб користувачів в інтернет-магазинах

Пошук товарів в інтернет-магазині здійснюється користувачами в межах певних інформаційних потреб, які формуються залежно від намірів та рівня володіння інформацією щодо об'єкта пошуку [8]. Потреба у пошуку виникає внаслідок необхідності отримання доступу до даних про товар, що включають його найменування, функціональні властивості, технічні параметри, виробника, вартість та інші споживчі характеристики. Користувачі застосовують пошукову систему з метою оптимізації процесу орієнтації у товарному асортименті, скорочення часу на пошук необхідної інформації та зменшення кількості посередніх операцій під час навігації вебресурсом.

Особливості поведінки користувачів при пошуку товарів визначають специфіку вимог до пошукової системи інтернет-магазину. Для більшості користувачів характерним є формування пошукового запиту на основі власного уявлення про товар, яке не завжди відповідає термінології, що використовується у каталозі товарів.

Це ускладнює процес оброблення запиту та може призводити до отримання нерелевантних результатів.

Важливою властивістю поведінкових характеристик користувачів є очікування отримання релевантної інформації у найкоротший строк, що обумовлює потребу у функціонуванні пошукової системи з мінімальною затримкою відгуку, високою точністю формування результатів і здатністю до оброблення пошукових запитів різного ступеня деталізації.

У процесі взаємодії користувача із пошуковою системою інтернет-магазину спостерігається тенденція до зниження толерантності до помилок пошуку. У разі отримання нерелевантних або неповних результатів користувачі рідко здійснюють повторне формулювання запиту, натомість припиняють взаємодію із вебресурсом, що в підсумку формує втрату потенційного покупця. Це свідчить про необхідність забезпечення коректної обробки варіативних форм пошукових запитів, а також адекватного врахування лексичних, лінгвістичних та контекстуальних особливостей формулювання користувачьких запитів.

Таким чином, ефективність процесу пошуку товарів в інтернет-магазині визначається здатністю пошукової системи забезпечити точність, повноту та логічність формування результатів запиту, а також відповідністю його фактичним очікуванням користувача.

2. Принципи роботи інформаційно-пошукової системи

Будь-яка пошукова система функціонує на основі кількох ключових компонентів. Центральним елементом є модуль індексування, який виконує попередню обробку даних. Під час індексації текст розбивається на окремі одиниці - токени, що потім нормалізуються шляхом лематизації. Важливим етапом є видалення так званих стоп-слів, які не несуть смислового навантаження. Результатом цього процесу стає інвертований індекс – структура даних, що дозволяє швидко знаходити документи, у яких зустрічається певний термін. Його можна представити у вигляді формули:

$$I(t) = \{d_1, d_2, \dots, d_1\}, \quad (1)$$

де $I(t)$ – множина документів, у яких зустрічається термін t ; t – термін (слово або лексема), що індексується; $\{d_1, d_2, \dots, d_1\}$ – документи, які містять термін t .

Окрім індексування, важливу роль відіграє модуль оброблення запитів. Він аналізує введений користувачем текст, трансформує його у внутрішнє подання та порівнює з індексом. Завершальним елементом є інтерфейс користувача, який забезпечує зручність взаємодії з системою (рис. 1).

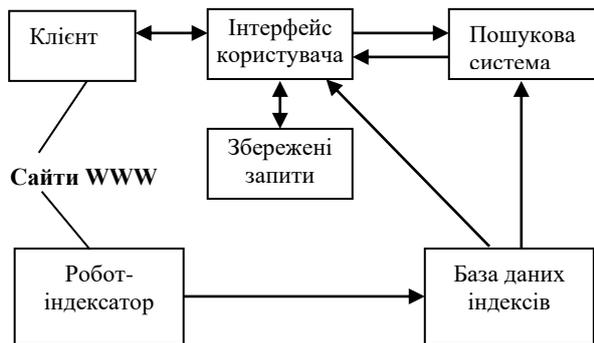


Рис. 1. Загальна архітектура пошукової системи

3. Аналіз моделей оцінювання релевантності

Оцінювання релевантності є центральним завданням будь-якої пошукової системи. Існує кілька моделей, які визначають спосіб обчислення схожості між запитом і документом [9].

Інформаційний пошук (ІП) – це процес пошуку релевантних даних або документів у відповідь на запит користувача.

На теперішній час розроблено кілька моделей ІП, в результаті якого пошукові системи витягують та ранжують інформацію. Ці моделі поділяються на три основні типи:

- традиційні моделі,
- моделі, орієнтовані на користувача,
- когнітивні моделі.

Вони, як правило, характеризуються відповідними алгоритмами та ефективністю роботи. Нижче наводиться докладний огляд кожної з них:

1. *Традиційні моделі.* Ці моделі фокусуються на структурних та обчислювальних аспектах пошуку

інформації, оптимізуючи індексацію, вилучення та ранжування документів на основі запитів.

А) Бульова модель. Це одна з найраніших моделей, що використовує булеву логіку (І, АБО, НЕ) для обробки запитів та зіставлення їх із документами. Документ може бути релевантним або нерелевантним залежно від того, чи він задовольняє умовам запиту. Основні характеристики: витягує документи на основі точного збігу з термінами запиту; результат є бінарним: релевантним чи ні; не допускає часткових збігів або ранжирування документів щодо релевантності.

Б) Модель векторного простору (VSM). Документи та запити представлені у вигляді векторів у багатовимірному просторі, де кожен вимір відповідає терміну [10]. Релевантність у цьому випадку визначається за косинусною мірою подібності (2):

$$S_{im}(d, q) = \sum_i (w_{i,d} \cdot w_{i,q}) / \left(\sqrt{\sum_i w_{i,d}^2} \cdot \sqrt{\sum_i w_{i,q}^2} \right), \quad (2)$$

де $w_{i,d}$ – вага терміна у документі; $w_{i,q}$ – вага терміна у запиті.

Одним із найпоширеніших способів визначення ваг є метод TF-IDF (term frequency – inverse document frequency), який враховує як частоту терміна в документі, так і його рідкість у колекції (3):

$$w_{i,d} = tf_{i,d} \cdot \log \left(\frac{N}{df_i} \right) \quad (3)$$

де $w_{i,d}$ – вага терміна i у документі d ; $tf_{i,d}$ – частота терміна i у документі d (кількість його появ); N – загальна кількість документів у колекції; df_i – кількість документів, у яких зустрічається термін i ;

$\log \left(\frac{N}{df_i} \right)$ – обернена частота документа, яка зменшує вагу термінів, які часто зустрічаються.

Модель допускає часткові збіги та ранжує документи з релевантності.

В) Ймовірнісна модель. Ця модель ґрунтується на ідеї оцінки ймовірності того, що документ є релевантним запиту. Вона використовує статистичні методи для ранжування документів за ймовірністю їхньої релевантності та забезпечують більш точне ранжування результатів (рис. 2) [10].

Term	DF	IDF	TF			TF-IDF		
			d_1	d_2	d_3	d_1	d_2	d_3
car	18,16	1,6	27	4	24	44,5	6,6	39,6
autol	6,72	2,0	3	33	0	6,2	68,6	0
insur.	19,24	1,6	0	33	29	0	53,4	46,9
best	25,23	1,5	14	0	17	21		25,5

Рис. 2. Приклад таблиці з розрахунком TF-IDF для невеликої колекції товарів

Основні характеристики: документам надають ймовірності релевантності; розповсюджена реалізація: BM25, яка уточнює частоту термінів за допомогою нормалізації довжини документа.

Г) Модель кластеризації. Ця модель групує схожі документи на основі загальних ознак, викори-

стовуючи методи неконтрольованого навчання, такі як K -середня або ієрархічна кластеризація.

Основні характеристики: групує документи у значні кластери; підвищує ефективність за допомогою звуження релевантних наборів; Допомагає керувати великими наборами даних.

Д) Модель найкращої відповідності. Ця модель ранжує документи за їх релевантністю заданому запиту, часто використовується в пошукових системах для повернення в першу чергу найбільш релевантних документів. Основні характеристики: використовує подібні засоби (наприклад, косинусну подібність або BM25); орієнтована на зіставлення термінів запиту з вмістом документа.

2. Моделі, орієнтовані на користувача. Ці моделі фокусуються на потребах, уподобаннях користувача та контексті, в якому виконується запит. Вони спрямовані на підвищення ефективності систем пошуку, враховуючи взаємодію користувача, його наміри та задоволеність.

А) Модель розширення запиту. Ця модель розширює запит, додаючи пов'язані терміни, синоніми або концепції, отримані з попередніх пошуків користувача або зовнішніх джерел. Основні характеристики: відповідає на невизначені та двозначні запити; включає такі методи, як автоматична генерація тезаурусу або семантичний аналіз; допомагає знаходити більше релевантних документів за рахунок розширення пошукових запитів.

Б) Модель зворотного зв'язку з релевантності. Ця модель уточнює результати пошуку на основі відгуків користувачів, які вказують релевантність документів, що відображаються, а система відповідним чином коригує свій пошук. Основні характеристики: уточнює пошук, враховуючи відгуки користувачів; зворотний зв'язок може бути явним (явна позначка документів як релевантних чи ні) або прихованим (аналіз поведінки користувача, наприклад, кількість кліків або часу, витраченого на документи); часто інтегрується з іншими моделями, такими як VSM.

В) Модель персоналізованого пошуку інформації. Ця модель адаптує результати пошуку на основі даних, специфічних для користувача, таких як історична поведінка, уподобання, розташування або демографічна інформація. Основні характеристики: налаштовує результати пошуку для кожного окремого користувача; використовує такі методи, як профілювання користувачів та спільна фільтрація; підвищує задоволеність, надаючи більш релевантні, персоналізовані результати.

3. Когнітивні моделі. Когнітивні моделі вивчають, яким чином людське пізнання та розумові процеси впливають на пошук інформації. Вони спрямовані на розробку систем, що узгоджуються з людським мисленням, сприйняттям та пам'яттю.

А) Модель когнітивного навантаження. Ця модель спрямована на мінімізацію розумових зусиль, необхідних для обробки інформації. Вона спрямована на зниження когнітивного навантаження під час виконання завдань пошуку та вилучення інформації.

Основні характеристики: знижує когнітивну напругу за рахунок чіткого подання інформації; може мати на увазі спрощення інтерфейсів та алгоритмів пошуку; підвищує зручність використання з допомогою скорочення розумових ресурсів, необхідних для виконання таких завдань, як пошук і читання.

Б) Когнітивна модель, орієнтована користувача (підхід ментальної моделі). Ця модель передбачає, що користувачі повинні сформувати ментальне уявлення про систему та її функціональність. Розуміння цих ментальних моделей може допомогти у проектуванні систем, які краще відповідають очікуванням користувачів.

Основні характеристики: основна увага приділяється узгодженню поведінки системи з ментальними моделями користувачів; допомагає передбачити, чого користувачі очікують від системи; враховує то, як користувачі з часом удосконалюють своє розуміння системи.

В) Модель збору інформації. Ця модель, передбачає, що користувачі шукають інформацію подібно до того, як тварини шукають їжу. Користувачі адаптують свої пошукові стратегії для максимального отримання інформації.

Основні характеристики: користувачі коригують свої стратегії пошуку, щоб знайти найбільш релевантну інформацію; підкреслює баланс між дослідженням (пошуком нової інформації) та використанням відомої, релевантної інформації; спрямовані на те, можуть бути розроблені, щоб допомогти користувачам більш ефективно знаходити інформацію, надаючи її в доступному форматі.

4. Алгоритми ранжування результатів пошуку

Сучасні пошукові системи використовують комбінацію методів: від класичних статистичних підходів до алгоритмів машинного навчання. Одним із найефективніших є алгоритм BM25, що ґрунтується на ймовірнісній інтерпретації релевантності:

$$Sr(d, q) = \sum_i F(q_i) \frac{tf_i(k+1)}{tf_i + k(1-b + b(|d|/dl))}, \quad (4)$$

де $Sr(d, q)$ – оцінка релевантності документа d щодо запиту q ; $F(q_i)$ – обернена частота документа для терміна q_i ; tf_i – частота терміна i у документі; k – параметр, що контролює насичення частоти терміна (зазвичай $k \in [1, 2, 2, 0]$); b – параметр нормалізації довжини документа (зазвичай $b \in [0, 75, 1, 0]$); $|d|$ – довжина документа d (кількість термінів); dl – середня довжина документа в колекції.

Ця модель враховує як частоту терміна, так і довжину документа, що дозволяє уникнути переоцінки великих текстів.

У поєднанні з методами семантичного аналізу та машинного навчання BM25 забезпечує високу точність пошуку навіть у великих колекціях даних (рис. 3) [11].

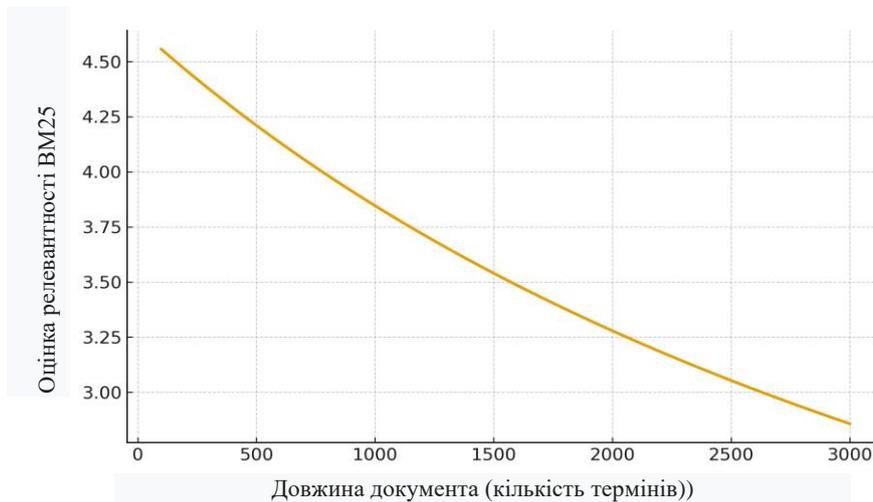


Рис. 3. Залежність оцінки релевантності BM25 від довжини документа

Важливим інструментом підвищення точності є використання словників синонімів та тематичних онтологій. Завдяки цьому пошукова система здатна враховувати не лише буквальне співпадіння термінів, а й їхні семантичні зв'язки. Наприклад, у сфері електронної комерції користувач може шукати «смартфон», тоді як у базі даних товар може бути позначений як «мобільний телефон». Якщо система враховує ці синонімічні відношення, вона здатна видати релевантний результат навіть за відсутності точного співпадіння.

Ще одним напрямом є розширення запитів, коли до початкового пошукового виразу додаються додаткові терміни, що уточнюють або розширюють його зміст. Це може здійснюватися як автоматично, так і за участю користувача. У сучасних системах усе більшого значення набуває персоналізація по-

шуку, яка враховує історію попередніх дій користувача, його інтереси та поведінкові характеристики. Такий підхід дозволяє формувати результати, максимально наближені до індивідуальних потреб конкретної людини [12].

Для кількісного аналізу якості пошуку застосовуються метрики точності (Precision) та повноти (Recall). Перша показує, яка частка знайдених документів є релевантною, тоді як друга відображає, яку частку від усіх релевантних документів система змогла знайти. Для комплексної оцінки часто використовується F-міра, яка поєднує обидва показники в єдину метрику. У науковій літературі також зустрічаються інші показники, такі як середня точність (Mean Average Precision) чи NDCG (Normalized Discounted Cumulative Gain), які дозволяють більш детально оцінювати якість ранжування результатів (рис. 4) [13].

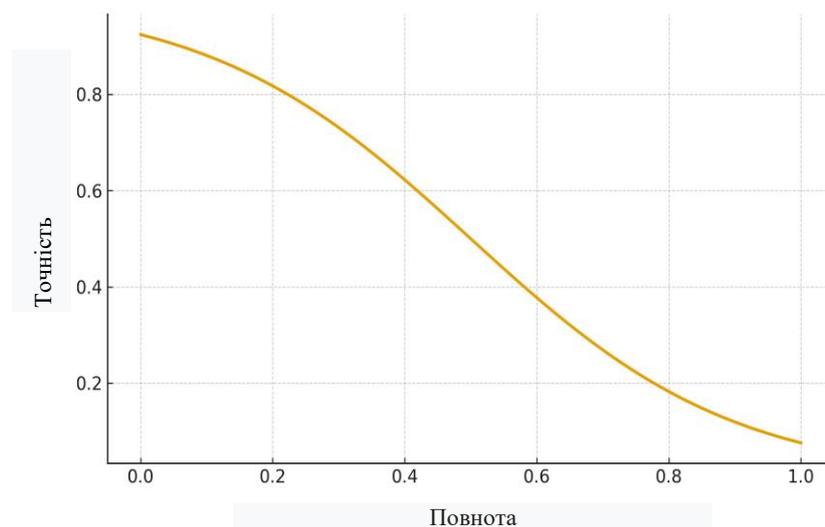


Рис. 4. Залежність між точністю (Precision) та повнотою (Recall) для пошукової системи

5. Сучасні тенденції розвитку пошукових систем

Розвиток пошукових систем тісно пов'язаний із загальними тенденціями в галузі інформаційних технологій. Якщо раніше основна увага приділялася

швидкості пошуку та оптимізації індексів, то сьогодні на перший план виходить семантичний аналіз і використання методів штучного інтелекту. Сучасні системи прагнуть не лише знаходити документи, що містять потрібні слова, а й розуміти зміст запиту, контекст його використання та наміри користувача.

Одним із ключових напрямів є інтеграція методів обробки природної мови (NLP). Завдяки цьому пошукові системи здатні враховувати граматичні конструкції, синонімію, багатозначність слів і навіть емоційне забарвлення тексту. У сфері електронної комерції це дозволяє формувати більш точні рекомендації для користувачів, які шукають товари, використовуючи різні формулювання.

Важливим трендом є застосування методів машинного навчання та глибоких нейронних мереж. Вони дозволяють автоматично виявляти приховані закономірності у великих масивах даних і будувати моделі, що прогнозують релевантність результатів. Наприклад, сучасні алгоритми здатні враховувати не лише текстові характеристики документа, а й поведінкові фактори: частоту кліків, час перебування на сторінці, історію покупок. Це робить пошук більш адаптивним і персоналізованим [14]. Ще однією тенденцією є поєднання пошукових систем із рекомендаційними механізмами. У результаті користувач отримує не лише список документів, що відповідають його запиту, а й додаткові пропозиції, які можуть його зацікавити. Такий підхід особливо актуальний для інтернет-магазинів, де пошук і рекомендації стають взаємодоповнюючими елементами [15].

6. Розробка пошукової системи з оцінкою релевантності

На підставі проведеного аналізу було розроблено пошукову систему інтернет-магазину з оцінкою релевантності пошуку. Реалізовано повноцінний інтернет-магазин на базі системи керування контентом WordPress [16] із використанням плагіну WooCommerce [17] та інтеграцією розширеної пошукової системи Advanced Woo Search [18]. В результаті було створено цілісну інформаційно-пошукову систему, яка відповідає сучасним вимогам електронної комерції.

Першим кроком стало встановлення та налаштування локального середовища WampServer. Це рішення забезпечило можливість розгортання сайту у контрольованих умовах, дозволило працювати з базами даних через phpMyAdmin та надало гнучкість у налаштуванні параметрів PHP і MySQL. Вибір саме WampServer був обґрунтованим, адже він поєднує простоту використання з достатнім функціоналом для реалізації проєкту.

Другим етапом було створення сайту на WordPress. Завдяки простоті інсталяції та широким можливостям налаштування WordPress став оптимальною платформою для реалізації інтернет-магазину. Було налаштовано адміністративну панель, створено базові сторінки та обрано тему, яка підтримує WooCommerce. Це забезпечило основу для подальшої інтеграції функціоналу електронної комерції.

Інтеграція WooCommerce перетворила сайт на повноцінний інтернет-магазин. Було налаштовано сторінки каталогу, кошика та оформлення замовлення, додано товари з різними характеристиками, створено категорії та атрибути. Це дозволило сформувати структуру магазину, яка є зрозумілою для користувачів та відповідає стандартам електронної комерції.

Особливу увагу приділено реалізації пошукової системи за допомогою додаткового Advanced Woo Search. Стандартний пошук WordPress виявився недостатнім для роботи з великим каталогом товарів, тому інтеграція додаткового плагіну стала ключовим рішенням. Його перевагою є можливість налаштування індексації полів товару, застосування вагових коефіцієнтів, гнучке ранжування та підтримка асинхронної видачі результатів.

Advanced Woo Search забезпечив пошук за назвою, описом, категоріями та атрибутами, дозволив налаштувати вагу полів для визначення релевантності результатів та підтримує відображення результатів у режимі реального часу. Це дозволяє реалізувати механізм релевантного пошуку без створення власного пошукового ядра, забезпечуючи при цьому високий рівень адаптивності системи, значно підвищило зручність користування сайтом та зробило пошукову систему більш ефективною.

Було проведено комплексне тестування розробленої інформаційно-пошукової системи. Перше завдання тестування полягає у перевірці базового функціоналу інтернет-магазину. Для цього було створено кілька тестових товарів із різними характеристиками: прості товари з фіксованою ціною, змінні товари з варіаціями, а також товари, розподілені за категоріями. Після додавання товарів було перевірено роботу кошика та сторінки оформлення замовлення. Користувач мав можливість додати кілька позицій у кошик, змінити їхню кількість, видалити непотрібні товари та перейти до оформлення замовлення. На сторінці замовлення система коректно відображала підсумкову вартість, враховувала варіації товарів та пропонувала вибір способу оплати. Це підтвердило, що WooCommerce функціонує відповідно до очікувань. Далі було виконано тестування пошукової системи. Було проведено серію запитів, які включали пошук за назвою товару, пошук за категорією та пошук за атрибутами. Наприклад, при введенні ключового слова «Гранулят» система одразу відображала товари з відповідною назвою, а також позиції, у яких це слово зустрічалося у описі чи категорії. При пошуку за атрибутом «Взуття» користувач отримував список товарів, що мають відповідний колір. Це підтвердило коректність індексації та налаштувань релевантності.

Особливу увагу було приділено порівнянню роботи Advanced Woo Search зі стандартним пошуком WordPress. У випадку базового пошуку результати були значно обмежені, адже система враховувала лише заголовки сторінок і записів. Advanced Woo Search, навпаки, забезпечував пошук по назві, опису, категоріях та атрибутах, що робило результати більш точними та релевантними. Це підтверджує доцільність використання додаткового плагіну у розробці.

Ще одним важливим аспектом тестування є оцінка продуктивності системи. Було перевірено швидкість відображення результатів пошуку у режимі реального часу. Навіть при введенні довгих запитів система працювала без затримок, що свідчить про оптимальність налаштувань. Крім того, було протестовано роботу сайту при додаванні ве-

ликої кількості товарів. Навіть при значному навантаженні пошукова система залишалася стабільною, що підтверджує її масштабованість.

Таким чином, тестування підтвердило працездатність усіх компонентів системи.

7. Обговорення результатів

Тестування функціонування пошукової системи було проведено на основі метрик точності (Precision), повноти (Recall) та показників релевантності відображуваних результатів. Тестування підтвердило працездатність усіх компонентів системи. Інтернет-магазин коректно обробляє замовлення, а пошукова система забезпечує релевантні результати та високу швидкість роботи.

Порівняння стандартного пошуку WordPress та Advanced Woo Search показало значну перевагу останнього, що підтверджує доцільність його використання у розробці. У ході експериментів встановлено, що використання вагової моделі та індексації додаткових інформаційних полів дозволяє значно покращити якість видачі, порівняно зі стандартними засобами WordPress та WooCommerce. Покращення проявляється у зменшенні кількості нерелевантних результатів, швидшому знаходженні потрібних товарів та підвищенні логічності ранжування. Покращення відмічених показників ефективності пошуку становить 15–25% залежно від складності запиту.

Таким чином, практична частина дослідження продемонструвала успішну реалізацію інформаційно-пошукової системи для інтернет-магазину. Вона включає створення локального середовища, розгортання сайту на WordPress, інтеграцію WooCommerce та налаштування розширеного пошуку. Отриманий результат відповідає поставленим завданням і може бути використаний як основа для подальшого розвитку та вдосконалення системи.

Висновки

У результаті виконаної роботи було досягнуто поставлену мету та реалізовано комплекс завдань, спрямованих на розробку інформаційно-пошукової системи інтернет-магазину з механізмом оцінювання релевантності результатів пошуку. У межах дослідження були виконані теоретичні, аналітичні та практичні етапи, які дозволили створити ефективний інструмент для підвищення точності та зручності пошуку товарів.

У процесі роботи було проведено детальний аналіз сучасних підходів до організації пошуку в електронній комерції.

Розглянуто принципи роботи інформаційно-пошукових систем, моделі оцінювання релевантності (TF-IDF, BM25, ймовірнісні та векторні моделі), а

також методи підвищення точності пошуку, включаючи нормалізацію текстів, роботу зі синонімами, ваговими коефіцієнтами та персоналізацією результатів.

Було встановлено, що класичні методи WordPress не забезпечують достатньої якості пошуку у великих товарних каталогах, оскільки не враховують вагу атрибутів, морфологію запитів та контекст користувацької поведінки.

На підставі проведеного аналізу обґрунтовано вибір плагіна Advanced Woo Search як оптимального інструменту для реалізації покращеного пошуку в інтернет-магазині на платформі WordPress.

У практичній частині роботи розроблено та налаштовано повноцінний прототип інтернет-магазину з удосконаленою пошуковою підсистемою. Проведено індексацію товарних полів (назва, опис, короткий опис, категорії, теги, атрибути, артикул), налаштовано вагові коефіцієнти для різних елементів, реалізовано механізми ранжування результатів та динамічну видачу під час введення запиту. Система інтегрована з WooCommerce та повністю підтримує обробку запитів різної структури й складності.

Тестування функціонування пошукової системи показало значну перевагу Advanced Woo Search порівняно зі стандартними засобами WordPress та WooCommerce.

У підсумку, виконана робота дозволила створити ефективну інформаційно-пошукову систему, яка забезпечує релевантне ранжування результатів і значно покращує користувацький досвід при взаємодії з інтернет-магазином. Запропоновані рішення можуть бути використані для подальшого розширення функціональності магазину, інтеграції рекомендаційних систем, підключення семантичного аналізу чи моделей машинного навчання. Також сформульовано рекомендації щодо можливих напрямів удосконалення, зокрема впровадження семантичного пошуку, індивідуалізації результатів на основі поведінкових даних та використання зовнішніх модулів NLP для підвищення точності оброблення складних запитів.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Використання засобів штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стоєва Д. Р. Систематизація інформаційних моделей. *Перспективи науки і освіти*. 2021. No 4. С. 13-18. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2021-1\(1\)-21-30](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2021-1(1)-21-30)
2. Мілованова М.В., Бондарчук А.П. Оцінка ефективності інформаційного пошуку. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2020. No 1 (66) С. 45 -52. DOI: <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2020.014552>
3. Manning, C. D., Raghavan, P., Schütze, H. *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press, 2008. URL: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/irbookonlinereading.pdf>

4. Васютинська С. Ю. Інформаційна асиметрія в освітніх технологіях. *Освітні ресурси і технології*. 2016. № 4 (16). С. 14-20. DOI: <https://yspu.net/sit/index.php/sit/article/view/3073>
5. Краус К.М., Краус Н.М., Манжура О.В. Електронна комерція та Інтернет-торгівля: навчально-методичний посібник. –Київ: Аграр медіа Груп, 2021, 454 с. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/37044/1/Kraus_Elektronna_komertsii_2021.pdf
6. Кряжич О.О. Визначення релевантності інформації, отриманої від пошуково-довідкового сервісу на веб-платформі. *Математичні машини і системи*. 2021. № 1 С 52-63. URL: http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2021/2021_1/01_21_Kryazhych.pdf
7. P. Vakkari, E. Sormunen. The influence of relevance levels on the effectiveness of interactive information retrieval. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 2016. No 55(11). Pp. 963-969. DOI: <https://doi.org/10.1002/asi.20046>
8. Turban, E., Outland, J., King, D., Lee, J. K., Liang, T. P., & Turban, D. C. *Electronic Commerce 2018: A Managerial and Social Networks Perspective*. Springer, 2018. 640 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58715-8>
9. Baeza-Yates, R., Ribeiro-Neto, B. *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search*. Addison-Wesley, 2011. URL: <https://web.cs.ucla.edu/~miodrag/cs259-security/baeza-yates99modern.pdf>
10. Grossman, D. A., Frieder, O. *Information Retrieval: Algorithms and Heuristics*. Springer, 2017. URL: <https://archive.org/details/informationretri0002gros>
11. Robertson, S., Zaragoza, H. The Probabilistic Relevance Framework: BM25 and Beyond. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1561/1500000019>
12. Mikolov, T. et al. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. arXiv:1301.3781, 2013. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1301.3781>
13. Croft, W. B., Metzler, AD., Strohman, T. *Search Engines: Information Retrieval in Practice*. Addison-Wesley, 2015. URL: <https://pzs.dstu.dp.ua/DataMining/searchWEB/bib/searchBOOK.pdf>
14. Mitra, B., Craswell, N. *Neural Models for Information Retrieval*. Foundations and Trends in Information Retrieval, 2018. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.01509>
15. Laudon, K. C., & Traver, C. G. *E-commerce 2021-2022: business, technology, society*. 16th ed. Pearson, 2021. 912 p. URL: <https://www.pearson.de/media/muster/toc/9781292409320.pdf>
16. Williams, B., Damstra, B., & Stern, D. *Professional WordPress: Design and Development*. 3rd ed. Wiley, 2015. 816 p. URL: <https://jicc.org.il/wp-content/uploads/2016/07/professional-wordpress-design-and-development-3rd-edition.pdf>
17. WooCommerce Documentation. WooCommerce Search Functionality. Automattic, 2023. URL: <https://woocommerce.com/document/>
18. Advanced Woo Search. Official Plugin Documentation. WordPress.org, 2023. URL: <https://wordpress.org/plugins/advanced-woo-search/>

Received (Надійшла) 30.10.2025

Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.01.2026

Publication date (Дата публікації) 27.02.2026

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ/ ABOUT THE AUTHORS

Поворозніук Анатолій Іванович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, Україна;

Anatoly Povoroznyuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Engineering and Programming, National Technical University “Kharkiv polytechnic institute”, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: ai.povoroznyuk@gmail.com; ORCID Author ID: <http://orcid.org/0000-0003-2499-2350>;

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55225664000>.

Поворозніук Оксана Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та програмування, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, Україна;

Oksana Povoroznyuk – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Programming, National Technical University “Kharkiv polytechnic institute”, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: povoks76@gmail.com; ORCID Author ID: <http://orcid.org/0000-0001-7524-5641>;

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55817007400>.

E-commerce information and search system with search relevance assessment

Oksana Povoroznyuk, Anatoly Povoroznyuk

Abstract. Topicality. The paper examines the process of developing an information search system for modern e-commerce solutions. with an assessment of the relevance of search results. Classic search engines, based only on the coincidence of keywords, often do not take into account the context and morphology of queries, synonyms and the weight of individual words, the degree of compliance of the results found with the user's expectations. Therefore, the creation of an intelligent search engine with an assessment of the relevance of search results, which is capable of take into account the user's intentions and adapt to their individual needs. **The subject of study** in the article is methods of increasing the relevance of search results based on the analysis of user queries and ranking of product characteristics. **The purpose of the article** is increasing the efficiency of search in information search systems of electronic commerce by implementing a modified method of relevance assessment. **The following results** were obtained. The features of the formation of user search needs, analysis of relevance assessment models, development and testing of an electronic commerce system with relevance assessment, which showed an improvement in search efficiency indicators, was considered. **Conclusion.** The use of relevance assessment methods for building search systems in the field of electronic commerce is an effective direction for improving the quality of information search services. The results obtained indicate the prospects for further research in the direction of adapting information search models to the specifics of online trading, improving ranking algorithms and integrating machine learning methods for personalizing the delivery of results.

Keywords: e-commerce, search engine, computer system, basic model, relevance, ranking, search efficiency, relevance assessment model.