

**Антон Вітушко,**

провідний інженер СІАЗ НБУВ

## **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ АНАЛІТИКА В АДАПТИВНІЙ ІНФОРМАЦІЙНО-ПОШУКОВІЙ СИСТЕМІ**

Стаття присвячена питанням підвищення ефективності інформаційного пошуку. Проведено аналіз його існуючих методик. Розглянуто критерії оцінки ефективності інформаційного пошуку та перспективи на майбутнє. Пропонується адаптація засобів інформаційного пошуку з використанням моделі аналітика. Побудована структурна схема універсальної моделі аналітика інформаційно-пошукової системи.

*Ключові слова:* адаптивний інформаційний пошук, модель аналітика, інформаційний пошук, релевантність, пертінентність, метапошукові системи, Semantic Web, xml, семантична система, контекстна/структурна системна, тезаурус, зв'язок по релевантності, мережі Байеса, фреймоподібні структури.

На сьогодні спостерігається експонентне зростання кількості джерел інформації у світі, що обумовлено зростанням кількості споживачів інформації, об'ємом створеної та доступної інформації. Це викликає великі складнощі в ефективному пошуку інформації, які пов'язані, з одного боку, з особливістю людино-машинної взаємодії, а з іншою – семантичною неоднорідністю джерел інформації.

У зв'язку з тим, що проводити ефективний пошук інформації аналітичними підрозділами дедалі стає складніше, виникає необхідність в адаптації процесу пошуку до індивідуальних особливостей аналітика. Під час проведення адаптивного інформаційного пошуку найперспективнішим є використання моделей аналітика для розширення запиту, що дає змогу істотно скоротити час інтерактивної взаємодії та витрати, оскільки уточнення запиту виконується на стороні пошукового засобу.

Значний внесок у розробку теоретичних і прикладних питань підвищення ефективності інформаційного пошуку внесли Г. Селтон, Дж. Солтон, Е. Скороходько, Л. Пшенична, В. Сидоренко, В. Дриянський, О. Дубинський, Ю. Рогущина.

Дамо визначення поняттям «адаптивний інформаційний пошук» і «модель аналітика».

Адаптивний інформаційний пошук (АІП) – це вдосконалена система інформаційного пошуку, що реалізує вимоги користувача, які впливають на показник ефективності пошуку [2].

Модель аналітика (МА) – це сукупність знань про особливості роботи аналітика з системою, його наміри, вимоги і цілі. Під моделлю аналітика в завданнях інформаційного пошуку розуміється будь-який вид опису інформаційних потреб аналітика для уточнення запиту [2].

Шляхом аналізу існуючого стану в області інформаційного пошуку в мережі Інтернет дослідниками встановлено, що для виконання ефективного пошуку у Web насамперед необхідно мінімізувати формулювання інформаційної потреби аналітика та його взаємодію з інформаційно-пошуковою системою [1]. Тому найефективніше вирішення проблем інформаційного пошуку полягає в адаптації засобів інформаційного пошуку, з одного боку, до інформаційних ресурсів Інтернету, а з іншого – до людини або до групи людей (індивідуалізація засобів пошуку).

Інформаційний пошук має справу з текстом на природній мові, яка не завжди добре структурована та може бути семантично неоднозначною. Разом з тим система пошуку даних (типу реляційної бази даних) має справу з даними, які мають правильну структуру й семантику. Тому головні цілі дослідження інформаційного пошуку (ІП) лежать в ефективній оцінці інформаційної потреби та змісту документа, а також взаємозв'язку між ними.

Показники ефективності традиційного ІП були описані, наприклад, у роботах Дж. Солтона і сьогодні регламентуються бібліотечними стандартами [3]. Серед них виділяють п'ять основних показників:

- 1) релевантність – відповідність одержаної інформації інформаційному запиту;
- 2) пертіентність – відповідність одержаної інформації інформаційній потребі;
- 3) повнота – відношення кількості знайдених релевантних документів до загальної кількості релевантних документів, що є в інформаційному масиві;
- 4) точність – відношення кількості знайдених релевантних документів до загальної кількості документів у результатах пошуку;
- 5) шум – відношення кількості виданих нерелевантних документів до загальної кількості виданих документів.

Аналіз існуючих засобів адаптивного інформаційного пошуку дає змогу виділити такі проблеми засобів ІП:

- 1) проблема інтерфейсу – інтерфейс сучасної пошукової машини є компромісом між зручністю у використанні та здатністю фіксувати точний опис потреби аналітика;

2) проблема охоплення та локалізації всієї інформації у Web;

3) проблема достовірності результатів пошуку – викликана динамічним характером www, що породжує «мертві» посилання й «застарілі» сторінки, які змінилися після індексації;

4) проблема невеликої точності запитів аналітика – викликана невеликою точністю запиту користувача, яка породжує пошуковий шум і втрату інформації під час використання методів оцінки релевантності, заснованих на подібності між текстом документа й запитом. Також за умови вкладення великої кількості термінів у запити поведінка пошукової машини може стати безладною та непередбачуваною;

5) проблема словника – полягає в тому, що, з одного боку, слова багатозначні, а з іншою – одні й ті ж концепції можуть бути передані різними словами [4].

Яким же чином можна вирішити ці проблеми? Проблема інтерфейсу вирішується додаванням до інтерфейсів властивості адаптуватися до інформаційних потреб аналітика. Проблема найбільшого охоплення ресурсів Web вирішується використанням метапошукових систем. Також є два способи рішення четвертої та п'ятої проблем:

1) удосконалення інформаційно-пошукової системи (ІПС) та алгоритмів пошуку шляхом:

– виконання автоматичних і напівавтоматичних операцій із запитом (модифікація, розширення, зміна ваги термінів);

– експліцитного визначення контекстів пошуку;

прихованої семантичної індексації, яка є варіантом векторної моделі та автоматично фіксує асоціації між термінами;

– вживання stemming-алгоритмів усікання символічних рядків, сегментації слова тощо;

2) поліпшення семантики Web – шляхом представлення змісту документів за допомогою спеціально розроблених мов (зокрема, SHOE, XML) і технологій (наприклад, Semantic Web).

Більшість методів інформаційного пошуку належить до однієї з чотирьох парадигм пошуку:

– статистичної, що заснована на використанні статистичних схем типу моделей вірогідності та моделей векторних просторів для представлення документа й пошуку. До цієї парадигми можна віднести булеву, векторну і вірогідність моделі ІІ;

– семантичної, яка заснована на представленні, що лежить в основі документів і запитів, шляхом їх природно-мовної обробки або використанні моделей представлення знань; до цієї парадигми можна віднести логічну і когнітивну моделі ІІІ;

– контекстна/структурна, що заснована на використанні структурної й контекстної інформації, доступної в пошукових системах. Для цього можуть використовуватися інформаційно-пошукові тезауруси із закодованим структурним і контекстним взаємозв'язком між термінами;

– діалоговий ІІ – припускає визначення інформаційної потреби аналітика безпосередньо в процесі консультації із засобом ІІ. Діалоговий ІІ заснований на припущенні, що не можна проектувати ефективні системи інформаційного пошуку без знань про особливості взаємодії аналітика з ІІС. Одним із найпоширеніших методів діалогового ІІ є зворотний зв'язок по релевантності.

На відміну від статистичних методів, які ніколи не знаходять документів, що не містять слів запиту, семантичні й контекстні/структурні методи дають змогу знаходити також пертинентні документи, відповідні не тільки запиту, але й інформаційній потребі аналітика.

Розглянемо класифікації видів адаптації в інформаційних системах:

#### 1. Адаптація за змістом:

- зміна змісту інформаційних повідомлень;
- зміна рівня детального повідомлення;
- визначення безлічі доступних інтерфейсних функцій.

#### 2. Адаптація за формою уявлення:

- форма візуалізації інформації, що виводиться, локалізація області виводу;
- тимчасові параметри візуалізації інформації;
- форма доступу до інтерфейсних функцій, загальний вид інтерфейсу.

#### 3. Адаптація по структурі:

- зміна внутрішньої структури повідомлення;
- визначення послідовності виведення повідомлень;
- персоналізація параметрів інтерфейсних функцій [5].

Розглянемо більш детально адаптацію інформаційно-пошукової системи до інформаційних потреб аналітика шляхом переформулювання його запиту. Мета переформулювання запиту аналітика (зокрема, його розширення або звуження) як методу адаптації ІІ – залучення до пошуку асоційованих термінів, що уточнюють інформаційну потребу аналітика.

Розширення запиту на основі наперед побудованих лексико-семантичних мереж (тезаурусів) або ж шляхом аналізу характеристик слів по базі даних може виконуватися або аналітиком (як, наприклад, у системі Текст-Аналіст, AltaVista Refine) або автоматично (як, наприклад, у системі NeurOK Semantic Server). Як правило, лексико-семантичні мережі формуються наперед без урахування потреб аналітика. Проте в

пошукових серверах такого виду тезауруси мають обмежене вживання, оскільки важко побудувати «універсальний» тезаурус, який би відповідав усій різноманітності інформації в www [4].

Можна сказати, що одна з перспективних форм автоматичного розширення запиту – зворотний зв'язок по релевантності. Він дає змогу користувачу краще визначати його інформаційну потребу та доповнює його початковий запит інформацією, яка є в документах, позначених ним як релевантні.

Мета зворотного зв'язку по релевантності – знаходити ті документи, які є подібними документам, позначеним користувачем як релевантні. Цей метод розширення запиту слід віднести до локальної технології. Персоніфікований пошуковий механізм, що використовує зворотний зв'язок по релевантності, може розміщуватися як на сервері www (наприклад, у Google), так і на клієнті.

Персоніфікована служба пошуку на клієнті відстежує всі документи, що редагуються та переглядаються користувачем, для того щоб скласти якнайкращу модель інтересів користувача. Клієнти можуть модифікувати запити для того, щоб допомогти визначити документи, відповідні даному контексту.

Серед проблем зворотного зв'язку по релевантності можна визначити дві основні:

1) надмірне збільшення довжини векторів запитів – вирішується задовільно;

2) небажання користувачів використовувати цей метод, оскільки він вимагає додаткових витрат.

У результаті можна виділити такі методи адаптивного ІІ:

– залучення людей-посередників, які уточнюють запит, використовуючи свої професійні знання;

– зворотний зв'язок по релевантності;

– діалоговий ІІ. Тобто аналітик повторно формулює запит згідно з відповіддю на попередній запит, виданий пошуковою системою;

– розробка систем, в яких будуються моделі (профілі, стереотипи) аналітика, що містять інформацію про його індивідуальні особливості і використовуються для уточнення його інформаційних потреб.

Перший спосіб вимагає залучення високооплачуваних фахівців, які зможуть обробляти одночасно тільки невелику кількість запитів. Другий та третій – мають складний інтерфейс взаємодії, що призводить до великих апаратних і тимчасових витрат на взаємодію з аналітиком. Четвертий спосіб істотно скорочує час інтерактивної взаємодії, оскільки уточнення запиту виконується шляхом звернення до моделі користувача на стороні ІІС

без залучення посередника-людини. Тому цей спосіб адаптації переважає під час виконання ІІІ в www.

Аналіз існуючих методів і засобів моделювання аналітика в інформаційних системах показав недостатній розвиток методів і засобів адаптивного інформаційного пошуку на основі моделі аналітика, зокрема:

- відсутня загальна модель адаптивного інформаційного пошуку на основі моделі аналітика;
- існуючі моделі аналітика розробляються під конкретну систему часто без теоретичного обґрунтування та не враховують контекст інформаційного пошуку;
- вимагають розробки методи автоматичного формування моделей аналітика інформаційно-пошукових систем та їх перебудови для більш адекватного відображення інформаційних потреб користувачів;
- вимагають удосконалення методи модифікації запиту на основі моделі аналітика й методи формування стереотипів аналітика;
- не розроблено засобів АІІ з МА, що враховують в явному вигляді контекст пошуку.

Якщо розглядати сучасні моделі аналітика ІІІС, її можна класифікувати таким чином:

1. За засобами представлення знань про аналітику:
  - використовуючи логіку предикатів першого порядку з висновком щодо різних типів посилань (наприклад, система BGP-MS);
  - використовуючи мережі Байеса;
  - використовуючи онтології на основі семантичних мереж;
  - використовуючи фреймоподібні структури – стереотипи (система GRUNDY).
2. За видом інформації про аналітика, що використовується в моделі:
  - використовуючи індивідуальні характеристики аналітика – знання, цілі, плани, переваги, здібності тощо;
  - використовуючи історію поведінки аналітика та його минулої взаємодії із системою (наприклад, система GRUNDY);
  - використовуючи короткострокову інформацію про певні запити аналітика (системи THOMAS, ASK);
  - використовуючи короткострокову та довгострокову інформацію про потреби аналітика (наприклад, у роботах Croft і Thompson).
3. За підходами до отримання знань про аналітику:
  - використовуючи тільки експліцитний підхід (система ASK, GRUNDY);
  - використовуючи експліцитний і імпліцитний підхід (система THOMAS) [6].

Визначимо можливі напрями підвищення ефективності ІП. На рис. 1 відображені взаємозв'язки показників ефективності ІП: Перт. – пертинентність, Рел. – релевантність,  $t$  – час, ІПА – інформаційні потреби аналітика, ЗІР – знайдені інформаційні ресурси, Sys(ІПА) – системне уявлення про ІПА.

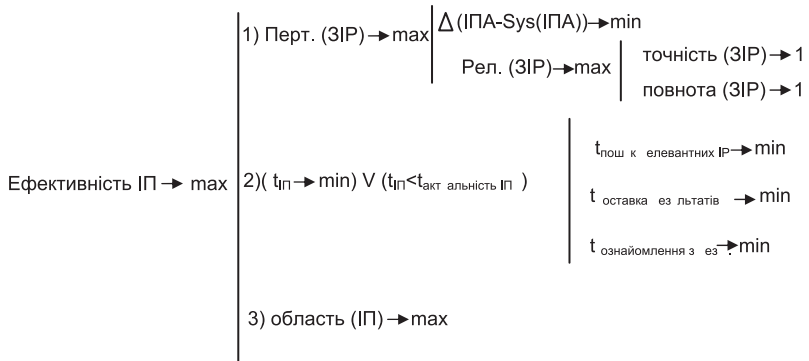


Рис.1 Взаємозв'язки ефективності ІП

Умова – (ІПА – Sys (ІПА)) – min може бути виконана шляхом:

1) адаптації користувача до ІПС – очевидна складність і невелика продуктивність;

2) адаптації ІПС до користувача за рахунок:

– використання експліцитної моделі користувача;

– ефективного уявлення ІПА в моделі аналітика шляхом використання адекватного формалізму складання Sys (ІПА);

– ефективних методів формування МА, причому має виконуватися правило: швидкість зміни (Sys (ІПА)) – швидкості зміни (ІПА);

– ефективних методів використання МА для уточнення запиту.

Умова Рел. (ЗІР) – max може бути виконана шляхом адаптації інформаційно-пошукової мови ІПС (декларативних знань) і процедур пошуку ІПС (процедурних знань) до ІР і використання ефективного формалізму уявлення метаописань ІР.

Умова  $t$  пошук релевантних ІР –  $t_{ix}$  може бути виконана шляхом паралельного використання декількох пошукових машин.

Умова  $t$  доставка результатів А –  $t_{ix}$  може бути виконана шляхом використання електронних засобів доставки інформації.

Умова  $t$  ознайомлення з результатами –  $t_{ix}$  може бути виконана шляхом представлення результатів у ранжированому вигляді,

ефективного представлення метаописання ЗІР та обмеження обсягу ЗІР, що повертаються аналітику.

Умова (ІІІ) –  $\max$  [або кількість(ІР) –  $\max$ ] може бути виконана шляхом паралельного використання декількох пошукових машин.

Таким чином, виконання адаптивного ІІ на основі моделі користувача за допомогою пошукових машин дасть змогу збільшити ефективність класичного ІІ завдяки підвищенню пертинентності ЗІР, зменшення загального часу пошуку й розширення його області.

Для визначення структурної схеми універсальної моделі аналітика ІІС виділимо основні обмеження, що накладаються на неї:

1) пов'язані з аналітиком:

- а) динамічність зміни інформаційних потреб;
- б) нечіткість інформаційних потреб;
- в) неоднозначність і неповнота запиту;
- г) наявність позалінгвістичних характеристик й елементів взаємодії з ІІС;

2) пов'язані з апаратним, програмним і лінгвістичним забезпеченням ІІС:

а) вартість зберігання та час обробки моделі користувача прямо пропорційна її розміру і залежить від формату зберігання даних;

б) лінійне розташування даних у пам'яті на фізичному рівні;

в) найпоширеніший тип інформаційно-пошукової мови в цифрових ІІС – дескрипторний;

г) чим вища необхідна точність і повнота результатів пошуку інформації, тим більший обсяг повинен мати інформаційно-пошуковий тезаурус;

3) пов'язані з інтерфейсом взаємодії між аналітиком і ІІС:

а) формат взаємодії повинен відповідати стандартам;

б) вартість взаємодії прямо пропорційна часу взаємодії та обсягу переданих даних;

в) пропускну спроможність каналів зв'язку обмежена.

З цих обмежень можна вивести ряд вимог до універсальної моделі аналітика ІІС:

1) з обмеження 1а витікає, що модель користувача повинна бути динамічною;

2) з обмеження 2а витікає вимога забезпечення мінімальності обсягу моделі аналітика шляхом усунення надмірності та повторюваності даних, що може бути досягнуто перебудовою моделі, використовуюваням стереотипів, а також обліком апріорної інформації про користувача;



3) з обмежень 3б і 3в – вимога мінімізації часу взаємодії між користувачем і ІПС, що свідчить про необхідність забезпечення не лише експліцитного, але й імпліцитного способу визначення інформації про користувача;

4) з обмеження 2г – вимога незалежності моделі аналітика від наочної області;

5) з обмежень 1б, 1в – отримемо потребу використання нечітких і імовірних моделей для представлення інформаційних потреб аналітика.

Визначимо структуру універсальної моделі аналітика ІПС з урахуванням виділених вище обмежень і вимог.

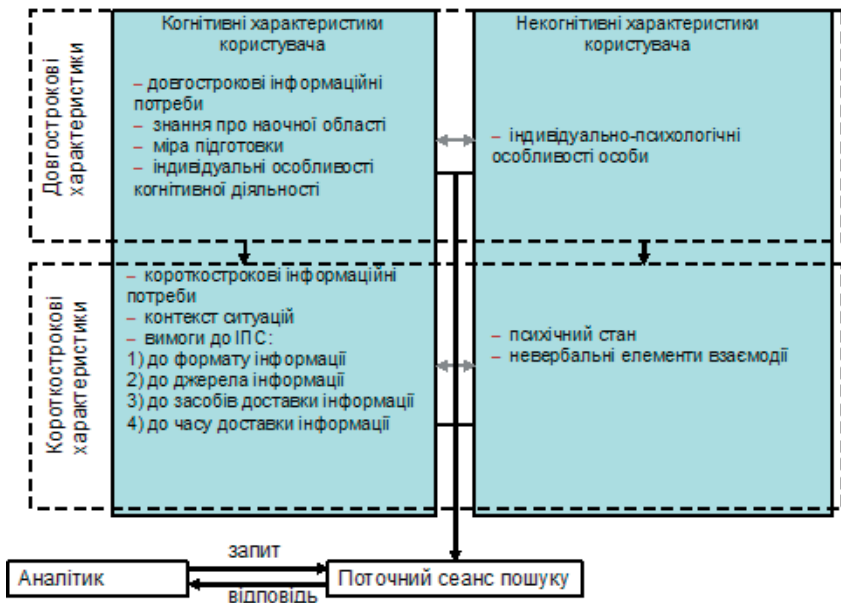


Рис. 2. Структурна схема універсальної моделі користувача ІПС

1. Когнітивні характеристики аналітика:

а) довгострокові характеристики:

- довгострокові інформаційні потреби;
- знання про наочну область;
- ступінь підготовки (наприклад, новачок, досвідчений користувач, експерт);

– індивідуальні особливості когнітивної діяльності (стереотипи мислення й поведінки, переконання, вік, стать тощо);

б) короткострокові характеристики:

– короткострокові інформаційні потреби – переважні властивості інформації, які відносяться до її змісту, мови тощо;

– контекст ситуації;

– вимоги до ІПС:

– до формату інформації – специфікація властивостей документа, таких як його формат, тип (стаття, технічне повідомлення тощо), дата його створення, розміри і т. п.;

– до джерела інформації – обмеження аналітика на окремі джерела інформації, такі як обмеження на URL, видавців, автора тощо;

– до засобів доставки інформації – переваги щодо таких засобів доставки, як телефон, електронна пошта тощо;

– до часу доставки інформації – переваги щодо часу доставки.

2. Некогнітивні характеристики аналітика:

а) довгострокові характеристики:

індивідуально-психологічні особливості особи;

б) короткострокові характеристики:

– психічний стан;

– невербальні елементи взаємодії.

3. Хронологія сеансів пошуку – містить дані про зроблені аналітиком запити і виконані дії.

Таким чином, різні довгострокові інформаційні потреби користувачів упорядковуються відповідно до контекстів пошуку та у вигляді ключових слів зберігаються в інформаційній базі ІПС. При цьому ІП можна буде адаптувати до конкретного аналітика шляхом уточнення його запиту за допомогою даних, що зберігаються в інформаційній базі, про його інформаційні потреби, впорядковані відповідно до контекстів пошуку.

У результаті як теоретична основа моделювання аналітика інформаційно-пошукової системи запропонована концепція адаптивного інформаційного пошуку на основі контекстної моделі аналітика, в основу якої покладений облік у процесі пошуку суті та поведінки інформаційної потреби аналітика. Для цього модель аналітика повинна гнучко змінюватися відповідно до швидкості та напряму зміни інформаційної потреби аналітика в контексті пошуку.

Список використаних джерел

1. *Аверкин А. Н.* Толковый словарь по искусственному интеллекту / А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов. – М. : Радио и связь, 1992. – 256 с.
2. Автоматизация проектирования информационного обеспечения научных исследований / отв. ред. А. А. Стогний. – К. : Наук. думка, 1990. – 296 с.
3. *Бень А. П.* Методы построения интеллектуальных адаптивных интерфейсов «человек – компьютеризированная система» на основе модели пользователя : дис... канд. техн. наук : спец. 05.13.06 / А. П. Бень ; Херсон. гос. техн. ун-т. – Херсон, 2000. – 194 с.
4. *Браславский П. И.* Автоматические операции с запросами к машинам поиска Интернета на основе тезауруса: подходы и оценки [Электронный ресурс] / П. И. Браславский – Режим доступа: <http://www.dialog-21.ru/Archive/2004/Braslavskij.htm>. – Загл. с экрана.
5. *Валькман Ю. Р.* Интеллектуальные технологии исследовательского проектирования: формальные системы и семиотические модели / Ю. Р. Валькман. – Киев : Port-Royal, 1998. – 250 с.
6. *Дубинский А. Г.* Разработка моделей и совершенствование структуры систем информационного поиска в глобальной компьютерной сети : дис... канд. техн. наук : спец. 05.13.06 / А. Г. Дубинский ; Днепрпетровский нац. ун-т. – Д., 2001. – 165 с.