

А.В. Чадюк, С.С. Машковський

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДАНИХ ПРО БЕЗПЕКУ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ GERMES PV (МОНІТОРИНГ ЛІТЕРАТУРИ ТА ІНТЕРНЕТ-ДЖЕРЕЛ)

Глобальна пандемія коронавірусу останніх років призвела до надзвичайної ситуації у сфері охорони здоров'я, визначила необхідність розроблення під керівництвом Всесвітньої організації охорони здоров'я нових вакцин для лікування населення. Оцінка безпеки та ефективності застосування цих вакцин потребує проведення численних досліджень, одним із методів яких є літературний моніторинг наукових публікацій. Значні трудовитрати на пошук та аналіз статей роблять актуальним питанням створення та впровадження комп'ютерних інформаційно-пошукових систем для моніторингу літератури та інтернет-джерел. Розроблена з цією метою Система моніторингу даних про безпеку лікарських засобів GERMES PV призначена для комплексного застосування сучасних технологій автоматизованого моніторингу періодичних видань та інтернет-ресурсів (веб-портали, веб-сайти, електронні бібліотеки тощо) з метою пошуку публікацій щодо безпеки лікарських засобів, наявності побічних реакцій та відсутності ефективності медичних препаратів, відгуків і пропозицій зацікавлених осіб та іншої інформації в галузі фармаконагляду. В даній роботі проведено комплексний аналіз предметної галузі та описані шляхи автоматизації діяльності закладів охорони здоров'я та фармацевтичних компаній у цій сфері.

Ключові слова: інформаційно-аналітична система, моніторинг інтернет-джерел, безпека лікарських засобів, фармаконагляд.

A. Chadiuk, S. Mashkovskyi

DEVELOPMENT OF THE MEDICINE SAFETY DATA MONITORING SYSTEM GERMES PV (LITERATURE MONITORING AND INTERNET SOURCES)

The global coronavirus pandemic of recent years has led to an emergency situation in the field of health care, determined the need to develop new vaccines for the treatment of the population under the guidance of the World Health Organization. Assessment of the safety and effectiveness of the use of these vaccines requires a wide range of research, one of the methods of which is literature monitoring of scientific publications. Significant labor costs for the search and analysis of articles make the creation and implementation of computer information and search systems for monitoring literature and Internet sources an urgent issue. Developed for this purpose, the medicine safety data monitoring system GERMES PV is intended for the comprehensive application of modern technologies of automated monitoring of periodicals and Internet resources (web portals, websites, electronic libraries, etc.) in order to search for publications on the safety of drugs, availability adverse reactions and lack of effectiveness of medicinal products, feedback and suggestions of interested persons and other information in the field of pharmacovigilance. In this work, a comprehensive analysis of the subject area is carried out and ways of automating the activities of health care institutions and pharmaceutical companies in this area are described.

Keywords: information and analytical system, monitoring of Internet sources, drug safety, pharmacovigilance,

Вступ

Фармацевтичні компанії згідно із вимогами законодавства України та міжнародними нормативними документами зобов'язані слідкувати за міжнародним досвідом застосування всіх зареєстрованими лікарських засобів. Міжнародний досвід включає опубліковану наукову та медичну літературу. Моніторинг літератури

повинен здійснюватись з метою виявлення публікацій, що містять інформацію, яка може вплинути на співвідношення ризик-користь лікарського засобу, особливо у зв'язку з виявленням нових сигналів із безпеки або актуальних питань із безпеки.

Фармацевтична компанія повинна забезпечити систематичний моніторинг наукових і медичних публікацій, який би

включав обов'язковий перегляд наступних груп літературних джерел:

- глобальні бази даних, які містять найбільший перелік посилань на статті, що стосуються властивостей лікарських засобів;
- локальні (місцеві) медичні журнали та видання;
- веб-сайт Державного підприємства «Державний експертний центр Міністерства охорони здоров'я України» (<https://www.dec.gov.ua>);
- веб-сайти регуляторних органів провідних країн світу.

Серед важливих глобальних баз даних можливо назвати наступні: PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>), Excerpta Medica (<https://excerptamedica.com>), Wiley online library (<https://onlinelibrary.wiley.com>) або EMBASE (Elsevier) (<https://www.elsevier.com>).

Знайдена інформація має бути ретельно проаналізована та оформлена у відповідних звітних документах. Крім того, фармацевтична компанія повинна доводити отриману інформацію до відома регуляторного органу країни.

На сьогодні для спеціалістів фармацевтичної компанії основними інструментами моніторингу публікацій залишаються популярні пошукові канали на кшталт «Google» та безпосередній пошук інформації на веб-сайтах і в електронних бібліотеках, які надають можливість відслідковувати всі ресурси з поля інтересів споживачів та виробників лікарських засобів. Такий пошук виконується, як правило, в ручному режимі, що потребує значних трудовитрат з огляду на необхідну періодичність виконання пошуків, кількість інтернет-джерел та кількість лікарських засобів, які необхідно відслідковувати.

Виходячи з цього, проблема забезпечення ефективного та результативного проведення моніторингу літературних даних із безпеки та ефективності лікарських засобів є на сьогодні вельми актуальною і може бути вирішена шляхом запровадження сучасних засобів автоматизації процесу літературного пошуку, а також

процесу аналізу знайдених результатів та їх обліку з використанням методів штучного інтелекту.

Метою створення Системи моніторингу даних про безпеку лікарських засобів Germes PV (далі – Система Germes PV) є автоматизований моніторинг інформації щодо безпеки та ефективності лікарських засобів на веб-сайтах провідних міжнародних та національних регуляторних органів світу, наукових і медичних видань і, як результат, сприяння безпечному та ефективному застосуванню лікарських засобів, зокрема, через своєчасне інформування про безпеку лікарських засобів пацієнтів, спеціалістів системи охорони здоров'я і громадськість.

Система Germes PV (свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 71259 від 03.04.2017 р., видане Державною службою інтелектуальної власності України) - це Веб-платформа для комплексного застосування сучасних технологій автоматизованого моніторингу періодичних видань, інтернет-ресурсів та електронних бібліотек з метою пошуку публікацій щодо безпеки лікарських засобів, наявності побічних реакцій та відсутності ефективності медичних препаратів, відгуків і пропозицій зацікавлених осіб та іншої інформації в галузі фармаконагляду.

Загальні концептуальні та основні технологічні підходи

Загальна концепція щодо створення системи Germes PV заснована на тому, що дана система повинна бути побудована на сучасній програмній платформі, мати широкі можливості щодо масштабування, відповідати вимогам міжнародних нормативних документів та бути продуктом національного розробника.

Система Germes PV забезпечує:

- планування моніторингу літератури за торговим найменуванням, міжнародним непатентованим найменуванням лікарського засобу (назвою діючої речовини);
- створення та ведення реєстру періодичних видань та інтернет-ресурсів для моніторингу;

- формування розкладу та план-графіків моніторингу періодичних видань;
- складання пакетів завдань для моніторингу та їх диспетчеризація;
- виконання регулярного моніторингу періодичних видань та інтернет-ресурсів в автоматичному режимі;
- скачування повних текстів публікацій і гіперпосилань на них з подальшим збереженням у базі даних;
- очищення результатів пошуку від дублікатів та повторів статей, рекламних матеріалів;
- протоколювання дій з моніторингу та результатів пошуку публікацій;
- формування звітних форм щодо результатів моніторингу;
- належне документування діяльності фармацевтичної компанії щодо моніторингу літератури для проходження аудиту.

Розробка системи Germes PV виконана з дотриманням таких принципів:

- відкритість системи (можливість модифікації та розвитку) за рахунок модульної побудови її структури, клієнт-серверної архітектури, відкритих інтерфейсів для можливої доробки та інтеграції з іншими системами;
- поетапність нарощування функціональних можливостей і ресурсів системи; можливість внесення змін і модифікації системи;
- висока надійність і відмовостійкість, безпека та захищеність інформації;
- врахування передового досвіду створення подібних систем, що розроблені і виконуються як в Україні, так і в світі в цілому.

Архітектура системи

Архітектура системи Germes PV має трирівневу клієнт-серверну архітектуру.

Клієнт системи дозволяє користува-

чам з використанням Інтернет-браузера вести реєстр видань (інтернет джерел для моніторингу), формувати пакети моніторингу, які визначають період моніторингу визначеного переліку інтернет джерел, множину ключових слів, створювати та налаштовувати план-графіки, за якими виконється пошук, отримувати результати моніторингу.

Сервер системи – це електронна бібліотека, яка забезпечує функціонування служби пошуку та вбудованого браузера, відслідковує розклад виконання пошукових запитів, здійснює реєстрацію службової інформації щодо виконаних пошуків, підтримує завантаження файлів знайдених статей до бази даних електронної бібліотеки системи Germes PV та їх попередній аналіз.

Структурна схема системи Germes PV, яка зображена на рис. 1, розкриває взаємодію компонентів системи під час її функціонування. Сервер системи дозволяє отримувати результати пошуку, обробляти їх, аналізувати отримані в результаті пошуку публікації, надсилати результати пошуку клієнтам, реєструвати підписки клієнтів на певні видання.

Служба пошуку з використанням таймеру (планувальник завдань) може використовувати необмежену кількість провайдерів пошуку (таких як Google, Bing та інші) та необмежену кількість адаптерів, через які результати пошуку віддаються клієнтам.

Служба отримання результатів забезпечує для клієнтів подальшу роботу з результатами моніторингу, виконання подальшого аналізу знайдених результатів, маркування ключових слів у тексті статей для зручності роботи фахівців.

Стратегія пошуку для моніторингу літературних даних

Медичні та наукові бази даних – це набір відомостей щодо публікацій. Усі бази даних структуровані, що полегшує організацію та пошук записів за допомогою різних засобів, від простого тексту до складного індексування термінів. Для об'єднання поняття, розширення або зниження специфічності запиту, ключові слова по-

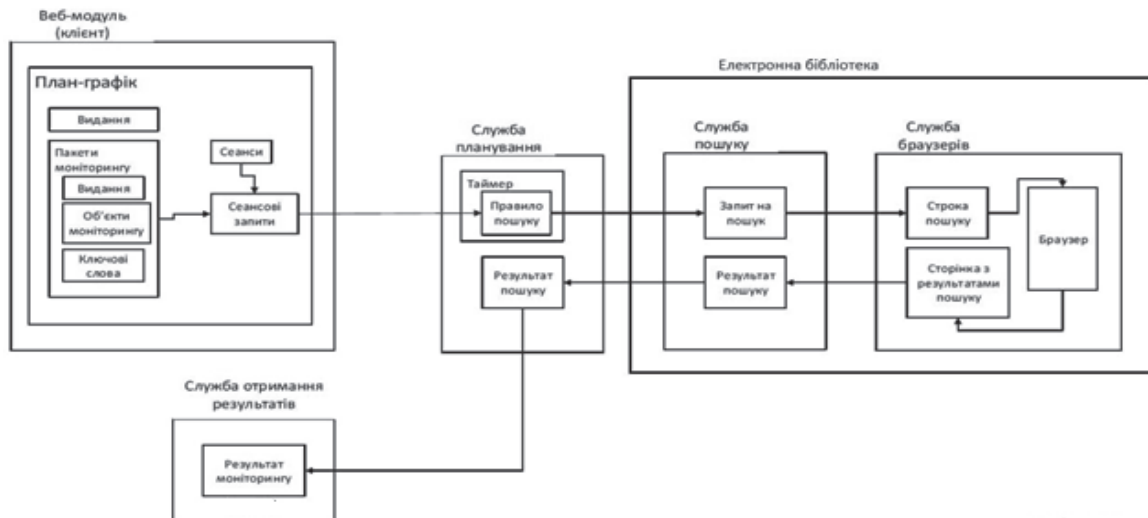


Рис. 1. Структурна схема системи Germes PV

шуку (текстові або індексовані) можуть бути пов'язані за допомогою логічних операторів і кодів приблизності. Крім того, можна використовувати фільтри результатів пошуку. Застосування ключових слів у процесі пошуку означає, що результат пошуку за обсягом буде меншим від усієї бази наявних публікацій. Успішність пошуку можна визначити на основі точності і вибірки (чутливості) пошуку.

Вибірка (чутливість) – це кількісне співвідношення отриманих в результаті пошуку записів («попадань») до загальної кількості релевантних записів, наявних в базі даних. Точність – це співвідношення доречних «попадань» до загальної кількості отриманих записів. Загальновідомо, що чим ширша повнота пошуку, тим нижча його точність.

Бази даних відрізняються за структурою, часом затримки під час індексації та принципом індексації нових термінів (ключових слів). У деяких базах даних зберігається інформація щодо історії індексації термінів (ключових слів) чи застосування синонімів, в інших, більш примітивних, – ні.

В системі Germes PV реалізується стратегія пошуку у два етапи.

Перший етап передбачає прямий пошук релевантних результатів в базах даних та на веб-сайтах періодичних видань. Прямий пошук виконується в першу чергу

за діючою речовиною (у всіх варіантах) або торговельною назвою лікарського засобу з метою запобігання ризику втрати результатів та забезпечення найбільшої повноти результатів згідно із рекомендаціями «VI. Додатку 2. Детальна інструкція з моніторингу медичної та наукової літератури Настанови СТ-Н МОЗУ 42-8.7:2018 Лікарські засоби. Належні практики фармаконагляду».

На цьому етапі здійснюється скачування повних текстів публікацій і гіперпосилань на них з подальшим збереженням в базі даних та очищення результатів пошуку від дублікатів та повторів статей, рекламних матеріалів. Таким чином формується внутрішня бібліотека знайдених статей системи Germes PV, яка використовується для подальшої роботи.

Другий етап передбачає більш детальний аналіз вмісту публікації, її анотації та реферату, обробку повного тексту статті, включаючи її переклад українською мовою.

Аналіз вмісту публікації виконується з урахуванням встановлених цілей огляду (питання фармаконагляду, інформація щодо безпеки, сигнали тощо). На цьому етапі для зменшення обсягу результатів пошуку може бути застосований інструмент введення додаткових термінів (ключових слів) та текстових формулювань, які для зручності роботи автоматично підфарбовуються у тексті статті. Набір

термінів (ключових слів) повинен відповідати використовуваній базі даних і предметові пошуку.

Частково наступний аналіз та селекція знайдених результатів моніторингу покладаються на користувача система Germes PV.

Тож для запуску пошуку необхідно створити пакет моніторингу, який містить інформацію про видання та ключові слова щодо лікарського засобу та сформувати план-графік для обраного часового періоду моніторингу. Після створення плану-графіку у фахівця є можливість створити сеанс моніторингу і запустити план-графік на автоматичне виконання через певні інтервали часу на певний строк, або виконати миттєвий пошук.

Розглянемо алгоритм автоматичного пошуку.

Автоматичний пошук починається в той момент, коли запускається план-графік на автоматичне виконання. Цієї миті в базі даних створюються записи про сеансові запити (список всіх запланованих повторень пошуку до кінця строку дії план-графіка). Ці запити містять інформацію про ключові слова пошуку, лікарський засіб та джерело пошуку у вигляді URL-адреси (будемо називати це правилом пошуку). Під час роботи веб-застосунку працює таймер, який за зазначеним в конфігураційному файлі параметрами тайм-ауту здійснює запити до бази даних для пошуку сеансових запитів, які ще не були запущені та не є простроченими.

Після отримання набору сеансових запитів вони відправляються на службу планувальника у вигляді правил пошуку. На службі планувальника правила пошуку зберігаються в базі даних і їм надається ідентифікаційний код, який віддається клієнту моніторингу і зберігається в базі даних у таблиці сеансових запитів.

На стороні служби планування запускаються на кожне правило пошуку таймери, які в необхідні періоди часу (які задаються клієнтом) виконують запит до служби пошуку.

Служба пошуку отримує необхідну інформацію від служби планування і в залежності від провайдера пошуку формує

рядок пошуку або передає необхідні параметри. В даній системі провайдерами пошуку є DuckDuckGo, Google та Google Search API. Також реалізована можливість використовувати як провайдера пошукові інструменти сайтів, за їх наявності.

Отримавши рядок пошуку чи необхідні параметри, служба пошуку конфігурує провайдера пошуку та передає йому необхідну інформацію. У разі використання Google Search API відбувається виклик через цей інтерфейс і служба отримує результати пошуку в специфічній структурі даних.

У разі ж використання звичайної пошукової системи або пошукового інструменту сайту система пошуку застосовує службу браузера, до якої передає рядок запиту. Далі служба за допомогою внутрішніх механізмів отримує веб-сторінку з результатами пошуку, здійснює початкове фільтрування (наприклад, чи є в тексті веб-сторінки слова з пошукового запиту) та у випадку успіху повертає її до служби пошуку.

Після отримання результатів пошуку служба пошуку знаходить хендлер передачі результату до електронної бібліотеки. Приймання результатів пошуку електронною бібліотекою відбувається за допомогою служби приймання результатів пошуку. В електронній бібліотеці результати перевіряються на дублікати та оригінальні статті зберігаються в базі даних.

Після цього результати пошуку аналізуються за допомогою служби виконання скриптів Python. Скрипти пишуться для кожного видання окремо для отримання необхідної інформації про знайдену публікацію. Після аналізу скриптами відбувається фінальна обробка результатів пошуку електронною бібліотекою.

Водночас служба пошуку паралельно з передачею результатів пошуку до електронної бібліотеки передає результати в службу планувальників. Служба планувальників конфігурує необхідний адаптер для передачі результатів на клієнт моніторингу видань. Передача результатів відбувається за допомогою служби завантаження результатів моніторингу. На клієнті результати так само перевіряються на дублікати, після чого нові надходження збері-

гаються частково в базі даних. Після збереження результатів клієнт моніторингу видань робить запит до служби отримання публікацій електронної бібліотеки, а також робить маніпуляції для очищення бази даних від непотрібних сеансових запитів та створення нових (наступних у списку) сеансових запитів. Отримання публікації відбувається за ідентифікаційним кодом публікації. Після отримання проаналізованої публікації до клієнта моніторингу можна вважати процес автоматичного пошуку завершеним.

Алгоритм роботи миттєвого пошуку дуже схожий на алгоритм автоматичного виконання пошуку, але має деякі відмінності. По-перше, під час натискання кнопки миттєвого пошуку, створюється сеанс пошуку, для сеансу пошуку створюються сеансові запити. Далі ці запити віддаються на службу планувальників, де на кожен запит

створюється одноразовий таймер (після відпрацювання таймер утилізується), далі повторюється алгоритм автоматичного пошуку. По-друге, у процесі завантаження результатів пошуку клієнту з бази видаляються дані про сеанс та сеансовий запит, а також видаляється інформація з бази даних служби планувальника.

Функціональну схему системи зображено на рис. 2.

Насамкінець слід зазначити, що в систему Germes PV вбудований механізм «захисту» на випадок, якщо якийсь із чергових сеансів не зміг виконатись вчасно, руйнуючи тим самим ланцюжок плану-графіка. Через задані інтервали часу веб-клієнт перевіряє записи в базі даних на предмет сеансів, які не виконались, та повторно призначає їх виконання з новим часом на тому ж місці у черзі плану-графіка. Разом з тим задля зниження навантаження на сис-

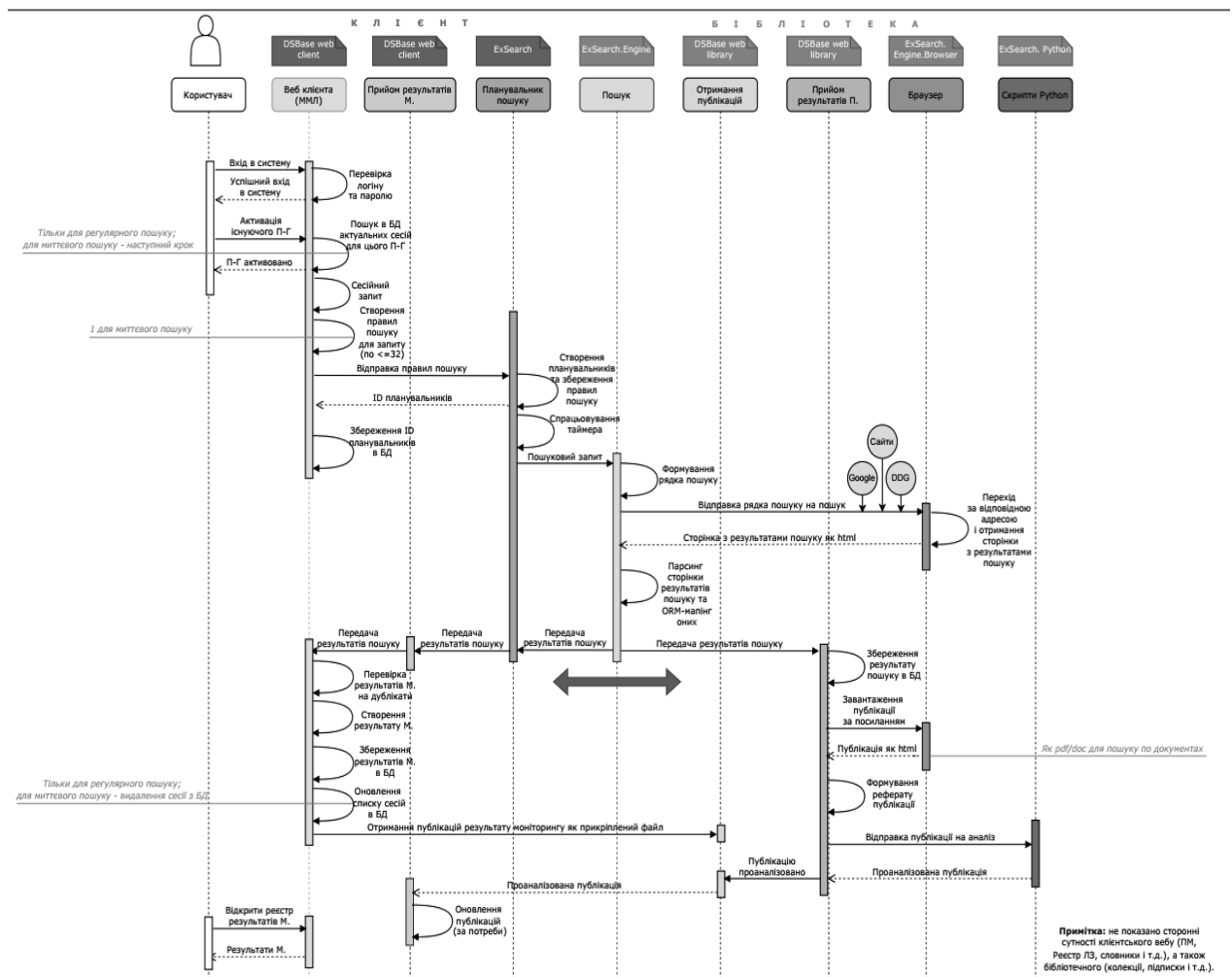


Рис. 2. Функціональна схема системи Germes PV

тему, а також із міркувань раціональності, так і невиконані сеанси після певного строку (зазвичай тиждень) видаляються із системи.

Постановка задачі моніторингу літератури

З метою постановки задачі моніторингу літератури скористаємося визначенням поняття інформаційного потоку [1], під яким будемо розуміти послідовність повідомлень у веб-просторі, що у певному змісті належать до заданої теми. З точки зору моніторингу літератури існує два паралельних інформаційних потоки:

- безперервний процес публікації статей у наукових періодичних виданнях;
- дискретний процес пошуку нових статей в інтернет-джерелах.

Для формального опису задачі моніторингу літератури введемо деякі загальні визначення.

Множина лікарських засобів фармацевтичної компанії щодо яких потрібно здійснювати літературний моніторинг, $M = \{j\}$ (кількість зареєстрованих лікарських засобів компанії), j – відповідний лікарський засіб, де $j = \overline{1, M}$.

Множина інтернет-джерел та видань $V = \{v\}$ (загальна кількість джерел), v – відповідне інтернет-джерело, де $v = \overline{1, V}$, яке характеризується періодичністю θ_v видання наукового журналу (щомісячно, щоквартально тощо) або рекомендованою частотою перегляду нових надходжень до наукової бібліотеки (бази даних) (зазвичай пропонується щотижнево).

Розглянемо відрізок (a, τ) дійсної осі часу, де $\tau > a$. Припустимо, що на цьому відрізку часу відповідно до деяких закономірностей публікуються декілька статей – k та відбувається процес моніторингу літератури. На осі часу моменти публікації окремих статей позначимо як

$$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k \quad (a \leq \tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots \leq \tau_k \leq \tau).$$

Процес публікації статей характеризується функцією $N_a(\tau)$ кількості статей, які опубліковані в інтервалі (a, τ) . Відповідно до цього визначення функція $N_a(\tau)$ є незни-

женою, ступінчастою, завжди цілою, тобто

$$N_a(\tau) = \int_0^\tau \sum_{j=1}^M n_j(t) dt,$$

де $n_j(t)$ – це кількість статей в одиницю часу стосовно лікарського засобу j .

Водночас визначимо на часовому відрізку (a, τ) період планування моніторингу літератури U , який є дискретним та вимірюється у днях, де $u = \overline{1, U}$ – це ціле число, що позначає номер доби на часовому періоді планування, який зазвичай складає один рік, $U = 365$. Нульовим пошуком u_0 будемо називати стартовий пошук на періоді планування з метою знаходження опублікованих раніше статей з ретроспективою в λ днів.

З точки зору нормативних вимог до організації моніторингу літератури запланована кількість пошуків нових статей повинна становити

$$P \geq \sum_{v=1}^V M (1 + U / \theta_v).$$

Визначимо календарний план моніторингу літератури як послідовність

$$\pi = (i_1, i_2, \dots, i_P),$$

в якій виконуються пошуки за встановленими план графіками. Тут i_k означає номер пошуку, який в послідовності π виконується k -м за порядком.

Кожний пошук характеризується такими параметрами:

- $s_{k j v}$ - запланований момент виконання k -го за порядком пошуку в інтернет джерелі v для лікарського засобу j ;
- $s_{k j v} + \theta_v \leq s_{k+1 j v}$, де $k+1$ – це номер наступного планового пошуку за пошуком k в інтернет джерелі v для лікарського засобу j ;
- $r_{k j}$ – кількість знайдених за результатом k -го пошуку статей для лікарського засобу j , де

$$r_{k j} = \begin{cases} 0, \\ \eta \geq 1, \end{cases}$$

Кількість знайдених статей $r_{k j} = 0$, якщо інформація не знайдена або відсутні нові результати пошуку із урахуванням того, що дублікати повторно знайдених статей не враховуються, або $r_{k j} = \eta$, якщо знайдено одну і більше статей, які відпові-

дають умовам запиту. Цей параметр вираховується вручну. В подальшому є можливість зробити його оцінку на підставі статистичних даних.

В послідовності π для зручності моменти виконання пошуків відсортовані у порядку зростання, тобто

$$s_{1jv} \leq s_{2jv} \leq \dots \leq s_{pjv}$$

Тоді кількість знайдених статей можливо оцінити як

$$N(U) = \sum_{k=1}^P \sum_{j=1}^M r_{kj}$$

Оцінку якості процесу моніторингу літератури будемо здійснювати за характеристикою повноти (англ. – recall). Під релевантністю будемо розуміти формальну відповідність знайденої статті пошуковому запиту.

Для обчислення показників якості пошуку прийнято розглядати таблицю, яку заповнюють за результатами пошуку документів [2]. Цей підхід був запропонований у рамках створеної Американським Інститутом Стандартів (NIST) конференції з оцінки систем текстового пошуку – Text REtrieval Conference (TREC, <http://trec.nist.gov/>). Таблиця результатів пошуку має такий вигляд табл. 1.

Таблиця 1

Таблиця результатів пошуку

Статті	Знайдені	Незнайдені
Релевантні	<i>a</i>	<i>c</i>
Нерелевантні	<i>b</i>	<i>d</i>

За допомогою цієї таблиці коефіцієнт повноти пошуку розраховується так:

$$r = a / (a + c).$$

На підставі вищевикладеного отримуємо таку оцінку якості системи

$$r = N(U) / N\alpha(\tau).$$

Аналіз якості системи

Було виконано аналіз якості системи Germes PV. Заміри відбувалися з використанням набору назв лікарських засобів та визначеної групи веб-сайтів видань, на яких здійснювався пошук системою, та перевірявся мануально.

В табл. 2 наведено аналіз якості пошуку на веб-сайтах відповідних видань.

Таблиця 2

Аналіз якості пошуку

Лікарський засіб	Опублікованих статей	Знайдених статей системою	Видання
Susprin	6	4	PubMed
Суспрін	5	4	ДЕЦ МОЗУ
Тайгерон	4	4	ДЕЦ МОЗУ
Tigeron	4	3	FDA
Tigeron	7	7	PubMed
Levetiracetam	12	10	EMA
Аброл	11	10	EMA
Домрид	8	7	EMA
Levetiracetam	1	0	FDA
Аброл	2	1	FDA
Домрид	1	1	FDA
Levetiracetam	1	0	MHRA
Levetiracetam	13	10	PubMed
Аброл	13	10	PubMed
Домрид	7	6	PubMed
Всього	95	77	$r = 0,81$

Отримані результати показали значну ефективність роботи системи Germes PV у порівнянні з існуючими методами пошуку літературних даних, які використовуються у фармацевтичних компаніях.

Висновок

Розроблена система Germes PV забезпечує пошук в Інтернеті даних про безпеку та ефективність лікарських засобів за ключовими словами на заданих сайтах видань в заданому часовому періоді.

Результати пошуку та аналізу літературних даних використовуються фармацевтичними компаніями для підготовки реєстраційних досьє лікарських засобів, періодичних звітів з безпеки та інших документів у галузі фармаконагляду.

Запропонована автоматизація пошуку суттєво знижує річні трудовитрати

компаній на пошук та аналіз літературних даних, які можуть перевищувати 4000 годин на рік для 70 – 100 видань стосовно 50 – 100 лікарських засобів.

Література

1. Ланде Д.В., Субач І.Ю., Бояринова Ю.Є. Основи теорії і практики інтелектуального аналізу даних у сфері кібербезпеки: навчальний посібник. — К.: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018.
2. Choosing & Using Sources: A Guide to Academic Research. Teaching & Learning, Ohio State University Libraries, 2015. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ohiostate.pressbooks.pub/choosingsources/>.
3. Свістельник І.Р. Система наукової інформації: формування, розвиток, перспективи / Свістельник І.Р. // Теорія і методика та методика фізичного виховання. – 2005. – № 4. – С. 2–5.
4. Data Mining and Image Processing Toolkits. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://datamining.itsc.uah.edu/adam/>
5. Гороховатський В.О., Творошенко І.С. Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних. - Х.: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2021.
6. Калько Д.Р., Ніколюк П.К. Методи та задачі інтелектуального аналізу даних. // Комп'ютерні технології обробки даних. - 2022. - С. 59-63.
7. Кучер М.О., Бабаков Р.М. Аналіз розробки програмного додатку, який використовує нейронні мережі. // Комп'ютерні технології обробки даних. - 2022. - С. 14-16.
8. Інтелектуальний аналіз даних. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізацій «Інформаційні системи та технології проектування», «Системне проектування сервісів» / О.О. Сергєєв-Горчинський, Г.В. Іщенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 75 с.

Одержано: 10.04.2024

Внутрішня рецензія отримана: 17.04.2024

Зовнішня рецензія отримана: 24.04.2024

Про авторів

¹Чадюк Анатолій Володимирович,
кандидат технічних наук,
заступник завідувача відділу

²Машковський Сергій Сергійович,
кандидат технічних наук,
завідувач відділу

Місце роботи авторів:

¹ Інститут програмних систем
НАН України,
03187, м. Київ-187, проспект
Академіка Глушкова, 40, корпус 5.
E-mail: anatolys@ukr.net

² Інститут розробки інформаційних систем,
03055, м. Київ, пр-т Перемоги, 29
E-mail: iisd@iisd.com.ua