

ЗАКОНИ ПОТОКІВ МЕРЕЖ ПРИ МАКСИМАЛЬНОМУ ЗБАГАЧЕННІ В ЧАСІ

Розглянуто модель мережі з урахуванням пропускних здатностей гілок і при узгодженні потоків на різних логістичних рівнях. Наведно приклади застосування законів «альфа» та «бета» для аналізу мереж. Електроенергетична мережа може досліджуватись на базі трьох систем взаємно пов'язаних та взаємно суперечливих законів: Кірхгофа, «альфа» та «бета». «Електричні» схеми заміщення мереж з потоками відрізняються від звичайних електричних схем, що потрібно урахувувати при застосуванні методів теоретичних основ електротехніки.

Ключові слова: Розрахунок потоків мережі, пропускні здатності, матриця Леонт'єва, закони Кірхгофа, збагачення в часі.

Рассматривается модель сети с учетом пропускных способностей ветвей и при согласовании потоков на разных логистических уровнях. Приводятся примеры применения законов «альфа» и «бета» для анализа сетей. Электроэнергетическая сеть может исследоваться на базе трех систем взаимосвязанных и взаимно противоречивых законов: Кирхгофа, «альфа» та «бета». «Электрические» схемы замещения сетей с потоками отличаются от обычных электрических схем, что необходимо учитывать при применении методов теоретических основ электротехники.

Ключевые слова: Расчет потоков сети, пропускные возможности, матрица Леонт'єва, законы Кирхгофа, обогащение во времени.

It is taken into consideration model of network in accordance with edge's carrying capacity while coordination of flows in the different logistical levels occurs. The examples are given of «alpha's» and «beta's» laws application for network's analysis. Electrical power network can be investigated on the basis of Kirchhoff's, «alpha's» and «beta's» laws. «The electrical» schemes with flows differ from electrical ones, that must be taken into account when using theoretical methods of electrical engineering.

Key words: Calculation of the net's flows, carrying capacity of edge, Leontief's matrix, Kirchhoff's laws, enrichment in time.

Постановка проблеми. Мережі з потоками (фінансів, інформації, струмів, нафти) мають величезне значення в економіці [1; 2; 6; 7], але при цьому не урахується головний напрям економічної діяльності – узгодження потоків при максимальному збагаченні в часі [3-5].

Аналіз досліджень та публікацій. Неорієнтований граф як електричну мережу з вхідним потоком та її аналізом на базі законів Кірхгофа був уперше розглянутий у роботі [7]. У роботах [4; 5] був продовжений цей напрям. Розподіл потоків у мережі можна отримати за матричним рівнянням міжтоварного балансу [5] (варіант матриці міжгалузевого

балансу Леонт'єва), кожний рядок якого описує потоки товару чи напівфабрикату у вузлі мережі (рис. 1 (а))

$$x_{j0} = A_j x_{j0} + x_{j1},$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер товару-вузла з випуском продукції x_{j0} ;

x_{j0} – загальна кількість випущеної j – ої продукції (товару чи напівфабрикату [5]);

x_{j1} – продукція (товар чи напівфабрикат [5]) для продажу;

$A_j \leq 1$ – постійний коефіцієнт, що урахує споживання x_{j0} всіма n товарами.

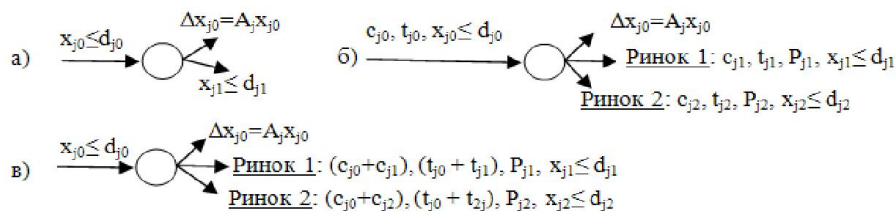


Рис. 1. Розгалуження потоків у j -му вузлі мережі (d_{j0} – виробнича потужність; d_{j1}, d_{j2} – дозволені об'єми реалізації j -го товару на Ринку 1 та Ринку 2): а) – згідно j -го рядка матричного рівняння міжтоварного балансу; б) – потоки j -го вузла, що розглядається; в) – вузол, еквівалентний вузлу (б).

На рис. 1 (б) введені позначення: x_{j0} – потік продукції; c_{j0} – собівартість одиниці продукції потоку x_{j0} на момент розгалуження потоків; t_{j0} – повний час на придбання сировини, виготовлення та транспортування одиниці продукції до вузла; $x_{j0} \leq d_{j0}$ – обмеження виробничої потужності з випуску продукції x_{j0} ; $\Delta x_{j0} = A_j x_{j0}$ – частка продукції x_{j0} , яка ураховує норми використання продукції x_{j0} всіма n товарами та напівфабрикатами. На рис. 1 (б) наведені показники Ринку 1 та Ринку 2: (c_{j1}, c_{j2}) – вартість транспортування, збереження та продажу одиниці продукції на ринках; (t_{j1}, t_{j2}) – час на транспортування до ринків, збереження та продаж одиниці продукції; (P_{j1}, P_{j2}) – прибуток від продажу одиниці продукції; (x_{j1}, x_{j2}) – реальні потоки j -го товару на ринках; $(x_{j1} \leq d_{j1}, x_{j2} \leq d_{j2})$ – дозволений об'єм реалізації j -го товару на ринках. На рівні підприємств кожний окремих потік товарів у вузлі отримується на основі максимального збагачення у часі [3; 5].

Метою статті є введення маркетингової орієнтації у дослідженні мереж.

Виклад основного матеріалу. *Визначення максимальної інтенсифікації потоків прибутків.* На основі даних всіх вузлів типу рис. 1 (в) (який є еквівалентним вузлу рис. 1 (б)) функція мети при максимальній інтенсифікації потоків прибутків дорівнює [3–5]

$$F_1 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{j1}}{t_{j1}} x_{j1} + \frac{P_{j2}}{t_{j2}} x_{j2} \right) \rightarrow \max. \quad (1)$$

Для отримання розв'язку в середовищі MathCAD з використанням функції «*maximize*» для функції мети (1), можна застосувати рівняння щодо суми потоків у всіх вузлах (рис. 1 (в)), яке повторює перефразований закон Кірхгофа для струмів у вузлі

$$(1 - A_j) x_{j0} - x_{j1} - x_{j2} = 0, \quad (2)$$

та обмежити нерівностями величини потоків зверху та знизу, наприклад:

$$x_{j0} \leq d_{j0}; \quad x_{j1} \leq d_{j1}; \quad x_{j2} \leq d_{j2};$$

$$x_{j0} \geq 0; \quad x_{j1} \geq 0; \quad x_{j2} \geq 0. \quad (3)$$

Визначення максимального потоку в мережі. На рис. 2 максимальний потік мережі потоків з пропускними здатностями гілок S_{ij} позначений як « $Q_m=19$ ».

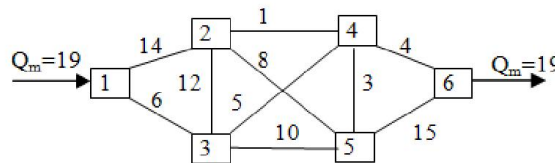


Рис. 2. Мережа з обмеженнями пропускних здатностей гілок.

Позитивне спрямування потоків гілок приймаємо від вершини з меншим номером до вершини з більшим номером. У такій мережі лише потоки вхідних або вихідних гілок є невід'ємними, а потоки інших гілок можуть змінювати напрям на негативний. Розрахунок *максимального потоку* « $Q_m=19$ » мережі виконується на основі підсумку потоків у вузлах та обмежень 2 в MathCAD з максимізацією вхідних (або вихідних) потоків за функцією:

$$F(x_{12}, x_{13}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{34}, x_{35}, x_{45}, x_{46}, x_{56}) = x_{12} + x_{13} \rightarrow \max.$$

Змінні по мінімуму не обмежуються, бо вони можуть змінювати знак (крім потоків входу та виходу). Якщо *потік повинен бути менше максимального значення* ($Q_m^0 \leq 12$), то в попередню

математичну модель у розділі GIVEN вводимо нерівність $x_{12} + x_{13} \leq 12$.

У MathCAD 15.0 SolveBlocks може вмещувати до **8192 лінійних нерівностей** (кількість вузлів буде **меншою, наприклад, 1000**) та до **200 нелінійних нерівностей**, що цілком достатньо для аналізу достатньо складних мереж.

Використання законів «альфа» та «бета» для аналізу потоків. Мережу рис. 2 можна замінити схемою заміщення рис. 3 при введенні в кожену гілку «активного опору» $R_{ij} = 1/S_{ij}$ з падінням «тиску потоку» $u_{ij} = u_i - u_j = q_{ij} R_{ij} = q_{ij} / S_{ij}$ на активному опорі R_{ij} (тут u_i, u_j – тиски вершин i та j ; бажано, щоб $u_{ij} = q_{ij} / S_{ij} \leq 1$) [5,7].

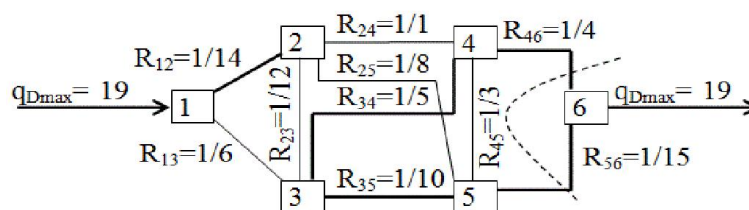


Рис. 3. Електроенергетична мережа з максимальним потоком $Q_m = 19$

Законои «альфа» є перефразованими законами Кірхгофа для мереж з обмеженими потоками. Для (n-1) вузлів рис. 3 (вузли 2-6) складаємо п'ять рівностей для потоків α

$$\begin{aligned} q_{12} - q_{24} - q_{25} - q_{23} &= 0; \\ q_{13} + q_{23} - q_{34} - q_{35} &= 0; \\ q_{24} + q_{34} - q_{45} - q_{46} &= 0; \\ q_{25} + q_{35} + q_{45} - q_{56} &= 0; \quad q_{12} + q_{13} - q_{46} - q_{56} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Згідно другого закону складаємо систему рівнянь для контурів з потоками α :

$$\begin{aligned} -q_{34}/5 - q_{45}/3 + q_{35}/10 &= 0; \\ -q_{46}/4 + q_{56}/15 + q_{45}/3 &= 0; \\ -q_{23}/12 - q_{35}/10 + q_{25}/8 &= 0; \\ -q_{24}/1 - q_{45}/3 + q_{25}/8 &= 0; \\ -q_{12}/14 - q_{23}/12 + q_{13}/6 &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Результати розв'язку системи рівнянь (4), (5) для потоків α представлено в табл. 1. У діалоговому режимі ми замінюємо рівняння для контурів (5) на $q_{13} = 6; q_{46} = 4; q_{13} = 8; q_{24} = 0; q_{45} = 0$. В результаті ми отримуємо данні табл. 2 для потоків β [5].

Таблиця 1

Результати розв'язку системи рівнянь (4), (5) для потоків α

Змінні (потоки)	q ₁₂	q ₁₃	q ₂₃	q ₂₄	q ₂₅	q ₃₄	q ₃₅	q ₄₅	q ₄₆	q ₅₆
Пропускна здатність	14	6	12	1	8	5	10	3	4	15
Розв'язок	12,1	6,88	3,37	0,939	7,81	3,29	6,96	0,112	4,12	14,88

Таблиця 2

Результати розв'язку системи рівнянь для потоків β

Змінні (потоки)	q ₁₂	q ₁₃	q ₂₃	q ₂₄	q ₂₅	q ₃₄	q ₃₅	q ₄₅	q ₄₆	q ₅₆
Пропускна здатність	14	6	12	1	8	5	10	3	4	15
Розв'язок	13	6	5	0	8	4	7	0	4	15

Законои «альфа» та «бета» [4; 5] виділені окремо від законів Кірхгофа з методологічної точки зору: закони «бета» отримуються з математичної моделі за законами «альфа» і можуть **прямо суперечити законам Кірхгофа** (падіння тиску вздовж замкненого контуру не дорівнює нулю; може не співпадати кількість рівнянь для потоків у вузлах); у матриці Леонтьєва та в транспортній задачі кількість рівнянь для потоків у вузлах дорівнює кількості вузлів; результати аналізу за законами «альфа» та «бета» в електричній мережі потребує обов'язкової перевірки за законами Кірхгофа; частка електричної мережі може аналізуватись за законами «альфа» та «бета», а друга частка мережі – за законами Кірхгофа з урахуванням даних джерелами потоків; є потреба порівнювати між собою аналізи за законами Кірхгофа, «альфа» та «бета».

Законои β («бета») розподілу максимального потоку по гілках мережі дозволяють створити математичну модель, яка точно відображує розподіл потоків по гілках мережі згідно методу поміток Форда-Фалкерсона, і мають вигляд:

1. Алгебраїчна сума потоків β у вершинах дорівнює нулю. Кількість рівнянь для потоків β у вузлах може бути рівною n та рівною, чи меншою за (n-1). Рівняння «бета» можуть складатись лише з рівнянь для джерел потоків у гілках.

2. Отримані при максимальному потоці по законах «альфа» вирази для контурів із перевантаженими гілками замінюються виразами згідно з наведеними нижче законами «бета»:

– рівняння для контуру з перевантаженою (i,j) – гілкою замінюється рівнянням джерела потоку

(змінною перевантаженої гілки, рівною пропускній здатності гілки)

$$q_{\beta ij} = S_{ij}; \quad (6)$$

– для цілком завантажених до пропускної здатності гілок алгебраїчна сума падінь тисків потоків β вздовж не замкненого реального чи умовного контуру дорівнює підсумку відповідних знакозмінних одиниць цілком завантажених гілок

$$\sum [\pm q_{\beta ij} / S_{ij}] = \sum \pm 1_{ij}, \quad (7)$$

де знак одиниці « $\pm 1_{ij}$ » залежить від напрямку обходу реального чи умовного (не замкненого) «контуру»;

– рівняння для контуру по потоках «альфа» можна замінити рівнянням джерела потоку по законах «бета» з числовим значенням змінної гілки (розрахованій по законах «альфа») величині недовантаженого потоку ($q_{\alpha ij} < S_{ij}$)

$$q_{\beta ij} = q_{\alpha ij}. \quad (8)$$

При використанні максимального потоку та заміні виразу за законами «альфа» на вираз за законами «бета» виконується новий розрахунок для підтвердження відсутності перевантажених гілок. Розподіл потоків за законами β може бути нескінченна кількість.

Розглянемо випуск товарів з урахуванням логістичних та маркетингових умов. Задача дослідження операцій розв'язується залежно від наявних ресурсів, норм витрат та прибутковості. При цьому звичайно не ураховується можливість обмеження потоків у

мережі. Припустимо, що потрібно визначити найбільшу прибутковість виробництва Виробу 1 та Виробу 2 при даних, які наведені в табл. 3 з урахуванням часу та даних ринку табл. 4. У

табл. 3 «Вартість виробництва» та «Середній час t_1 виробництва 1 шт.» урахують усі витрати коштів та часу на вироблення одиниці продукції, починаючи з вартості придбання сировини.

Таблиця 3

Дані для планування випуску продукції

Ресурс			Норми витрат ресурсу	
Назва	Запаси на складі	Обмеження транспортування	Вироб 1	Вироб 2
Гроші	30 грн	1000 грн/добу	19,5 грн/шт	11,6 грн/шт
Сировина	15 м ²	50 м ² /добу	0,075 м ² /шт	0,12 м ² /шт
Потік випущеної продукції за добу, шт./добу			x_1	x_2
Середній час t_1 виробництва 1 шт., год/шт.			0,02	0,3
Виробнича потужність, шт./добу			30	100
Вартість виробництва 1 шт., грн/шт.			21	14

Таблиця 4

Дані по ринках

Дані ринків по 1 шт. товару	Вироб 1, ринок 2	Вироб 1, ринок 7	Вироб 2, ринок 3	Вироб 2, ринок 1
Середній час t_2 транспортування 1 шт., год/шт.	0,2	0,7	0,03	0,1
Вартість транспортування 1 шт., грн/шт.	3	4	1	2
Середній час t_3 продажу 1 шт., год/шт.	0,1	0,01	0,02	0,1
Витрати на продаж 1 шт., грн/шт.	1	4	3	1
Квоти, шт.	50	30	10	7
Продаж, шт./добу.	y_1	y_2	y_3	y_4
Загальний час $T = (t_1 + t_2 + t_3)$ виробництва та продажу 1 шт., год/шт.	0,32	0,73	0,35	0,5
Собівартість 1 шт. на ринку, грн/шт.	25	29	18	17
Ціна на ринку 1 шт., грн/шт.	26,5	31	18,8	17,9
Прибуток за 1 шт., грн/шт	1,5	2,0	0,8	0,9
Інтенсивність отримання прибутку у часі за 1 шт., грн/годину	1,5:0,32= =4,69	2,0:0,73= =2,74	0,8:0,35= =2,28	0,9:0,5= =1,8

Вважаємо, що запаси ресурсів на складах вміщують лише матеріали для поточного виробництва. Ураховуємо: обмеження по виробництву товарів, по

квотах на ринках; вартість транспортування і продажу товарів. Розв'язок задачі показаний на рис. 4.

ORIGIN = 1 (Розрахунок потоків товарів на підприємстві)
 $F2(x_1, x_2, y_1, y_2, y_3, y_4) = 4.69y_1 + 2.74y_2 + 2.28y_3 + 1.8y_4$ (Функція мети)
 $x_1 = 0 \quad x_2 = 0 \quad y_1 = 0 \quad y_2 = 0 \quad y_3 = 0 \quad y_4 = 0$
GIVEN
 $19.5x_1 + 11.6x_2 \leq 1000 \quad 0.075x_1 + 0.12x_2 \leq 50$ (Обмежене транспортування ресурсів)
 $x_1 - y_1 - y_2 = 0 \quad x_2 - y_3 - y_4 = 0$ (Обмеження по потоках)
 $x_1 \leq 30 \quad x_2 \leq 100$ (Обмеження по виробничій потужності)
 $y_1 \leq 50 \quad y_2 \leq 30 \quad y_3 \leq 10 \quad y_4 \leq 7$ (Обмеження по квотах на ринках)
 $x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad y_1 \geq 0 \quad y_2 \geq 0 \quad y_3 \geq 0 \quad y_4 \geq 0$
 $P2 = \text{Maximize}(F2, x_1, x_2, y_1, y_2, y_3, y_4)$
 $P2^T = (30 \ 17 \ 30 \ 0 \ 10 \ 7)$
 $A2 = 0 \quad FF2 = \begin{cases} \text{for } i \in 1..4 \\ A2 \leftarrow A2 + P2_{i+2} \cdot G2_i \end{cases}$
 $FF2 = 176.1$
 $G2 = \begin{pmatrix} 4.69 \\ 2.74 \\ 2.28 \\ 1.8 \end{pmatrix}$

Рис. 4. Оптимізація виробництва товарів (середовище MathCAD)

Матрицю міжтоварного балансу $X=AX+Y$ можна доповнити векторами інтенсифікації прибутків P_R для кожного ринку R з елементами $\|p_{jR}\| / \|t_{jR}\|$, при $j = 1, 2, \dots, n$, які вкажуть товари та ринок R , що забезпечують максимальне збагачення у часі (тут $\|p_{jR}\|$ – прибуток для j -го товару на ринку R ; $\|t_{jR}\|$ – витрата часу на придбання або виробництво, на перевезення та зберігання, на продаж на ринку R).

Висновки

- Отримані моделі для розподілу потоків при максимальному збагаченні у часі.
- Для мережі з n вершинами та m гілками при кількості змінних m , в першу чергу на основі законів «бета» потрібно замінювати рівняння для $[m-(n-1)]$ контурів.

3. Кількість рівнянь для потоків «бета» у вузлах може бути рівною n та рівною, чи меншою за $(n-1)$. Рівняння «бета» можуть урахувати рівняння для потоків в усіх вузлах чи рівняння для частки вузлів із $(n-1)$, доповнених іншими залежностями.

4. Електроенергетична мережа може досліджуватись на базі трьох систем взаємно пов'язаних та взаємно суперечливих законів: Кірхгофа, «альфа» та «бета».

«Електричні» схеми заміщення мереж з потоками відрізняються від звичайних електричних схем, що потрібно урахувати при застосуванні електротехнічних методів аналізу.

5. Якщо частка мережі аналізується за законами «альфа» та «бета», то інша частка, що аналізується за законами Кірхгофа, може бути урахована джерелами потоків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій / Ю. П. Зайченко. – К. : Видавничий Дім «Слово», 2006. – 816 с.
2. Костін В. Н. Оптимизационные задачи электротехники / В. Н. Костін. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 120 с.
3. Кутковецький В. Я. Дослідження операцій : [підручник] / В. Я. Кутковецький. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2007. – Том 1. – 312 с. – Том 2. – 272 с.
4. Кутковецький В. Я. Теоретичні основи мереж потоків / В. Я. Кутковецький // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – Вип. 148. – Т. 160. Комп'ютерні технології. – С. 173–183.
5. Кутковецький В. Я. Оптимізація економічних показників комплексної логістики при максимальному збагаченні у часі // Наукові праці : науково-методичний журнал / В. Я. Кутковецький. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – Вип. 179. – Т. 191. Комп'ютерні технології. – С. 32–38.
6. Труфанов А. (n. d.) Алгоритмы нахождения максимального потока [Электронный ресурс] / А. Труфанов. – Режим доступу : <http://algolist.manual.ru/math/graphs/maxflows/>.
7. Electrical Flows, Laplacian Systems, an Faster Approximation of Maximum Flow in Undirected Graph / [Christiano P., Kelner J.A., Madry A., Shang-Hua Teng, Spielman D.].

Рецензенти: Дихта Л. М., д.т.н., професор;
Мешанінов О. П., д.пед.н., професор.

© Кутковецький В. Я., 2013

Дата надходження статті до редколегії 28.03.2013 р.

КУТКОВЕЦЬКИЙ Валентин Якович, д.т.н., професор, професор кафедри інформаційних технологій Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. Сфера наукових інтересів: моделювання за допомогою ЕОМ процесів в електрообладнанні, теоретичні основи електротехніки, напівпровідникові перетворювачі електричної енергії, дослідження операцій.

РОЗРОБКА СПОСОБУ ПОШУКУ ТА СИСТЕМИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

В статті розроблено спосіб пошуку інформаційних об'єктів, який орієнтований на роботу в розподілених ієрархічних комп'ютерних системах, а також систему реалізації цього способу. Запропоновано використовувати релевантність пошукових слів із використанням рангу запитувача користувачів, що дозволяє здійснювати коригування пошукових слів. Проведено експериментальну перевірку запропонованої дворівневої пошукової системи.

Ключові слова: пошукова система, спосіб пошуку, релевантність, ранжування.

В работе разработан способ поиска информационных объектов, который ориентирован на работу в распределенных иерархических компьютерных системах, а также систему реализации этого способа. Предложено использовать релевантность поисковых слов с использованием ранга запрашивающих пользователей, позволяет осуществлять корректировку поисковых слов. Проведена экспериментальная проверка предложенной двухуровневой поисковой системы.

Ключевые слова: поисковая система, способ поиска, релевантность, ранжирование.

In this paper a way of searching information objects was developed, which was designed to work in distributed hierarchical computer systems and system of implementation of this method. Proposed to use the relevance of search words using rank of requesting users, allowing you to make adjustments to the search words. An experimental verification of the proposed two-level search engine.

Key words: search engine, search method, relevance, ranking.

Аналіз проблеми і постановка завдання. Одним із основних елементів роботи з інформацією в мережі Інтернет є її пошук. Наприклад, станом на початок 2013 року число документів, проіндексованих тільки пошуковою системою Google, перевищило трильйон документів. Для здійснення пошуку розроблено чимало різноманітних пошукових систем, найбільш вживаними з яких є Yahoo, Google, MSN, Yandex, Rambler і Mail.ru. Однак для пошуку документів, що належать до тієї чи іншої предметної області, користувачі Інтернету нерідко звертаються до тематичних каталогів інтернет-ресурсів – структурованим наборам посилань на документи відповідної тематики. Тобто

оновлення систем пошуку, пошукових алгоритмів тощо є вельми актуальною проблемою.

Основними проблемами, з якими стикається користувач, є:

- правильне та чітке формулювання пошукової фрази, що безпосередньо впливає на результат пошуку;
- вибір елементів уточнення, які можуть розширити пошук, або навпаки, звужити;
- велика кількість «інформаційного сміття», що отримується у відповідь на запит.

Як правило, більшість пошукових систем будується за схемою, що показана на рис. 1 [1].

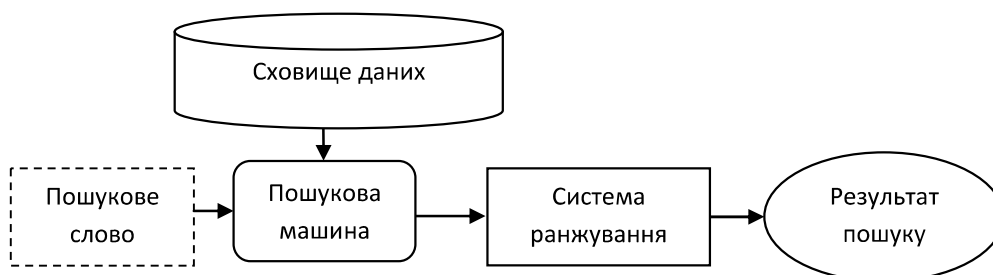


Рис. 1. Схема традиційної пошукової системи

Клієнт формує запит Q , який представляється як кортеж слів. Пошукова машина (сервер) отримує запит, робить пошук у своєму банку даних D і, виходячи з функції релевантності документа D

запитом Q , ранжує результат, після чого пошукова машина відправляє користувачу відповідь.

Для прикладу на рис. 2 представлено розгорнуту схему функціонування пошукової системи Google.

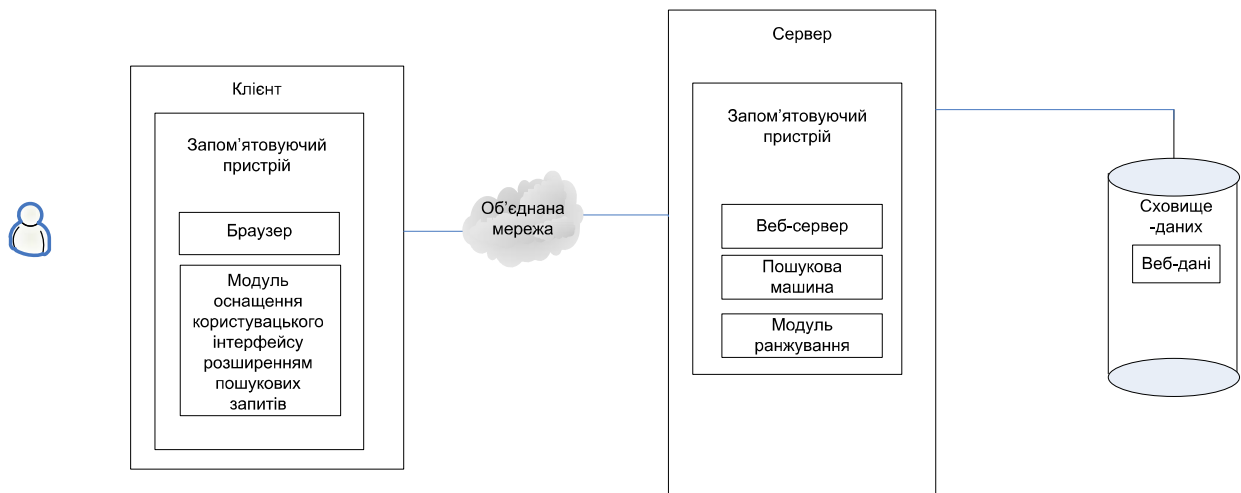


Рис. 2. Блок-схема функціонування пошукової системи Google

Користувачі здійснюють запити зі своїх клієнтських станцій за допомогою браузера та модулю оснащення користувацького інтерфейсу розширення пошукових запитів, який знаходиться на запам'ятовуючому пристрої. За допомогою об'єднаної мережі запит відправляється серверу, на запам'ятовуючому пристрої якого міститься веб-сервер, з яким браузер клієнта обмінюється веб-інформацією, та який відправляє запит пошуковій машині. Інформація витягається зі сховища даних, у формі веб-даних, ранжуються за допомогою статистичних показників (наприклад, кількість потрапляння до знайденого документа пошукових слів) та передаються клієнту, що здійснював запит [2].

Як систему ранжирування можна навести найбільш часто використовувану систему Окарі BM25 (базується на TF-IDF функціях ранжирування), що в різних своїх модифікаціях широко застосовується як на Google, Yandex, так і більшості інших пошукових системах. TF-IDF (від англ. TF – term frequency, IDF – inverse document frequency) – статистична міра, яка використовується для оцінки важливості слова в контексті документа. Вага слова пропорційний кількості вживання цього слова в документі, і обернено пропорційна частоті вживання слова в інших документах колекції [2].

Більшість систем (Google, Yandex, тощо) для спрощення процесу пошуку відносно користувача пропонують «живий пошук». Живий пошук – це функція пошуку, яка дозволяє переглядати результати безпосередньо при введенні запиту. Компанією Google було помічено, що введення запиту займає більше часу, ніж прочитання результатів. Між натисканнями клавіш проходить у середньому 300 мілісекунд, а погляд на результати запиту займає всього 30 мілісекунд – у 10 разів менше. Отже, можна одночасно вводити запит і переглядати отримані результати без втрати часу [3].

Головна відмінність «живого пошуку» від звичайного полягає в тому, що користувач отримує потрібну інформацію набагато швидше, так як необов'язково вводити весь запит. Крім того, в «живому пошуку» користувач бачить результати прямо при введенні тексту. Таким чином, користувач може змінювати запит, поки не знайде саме те, що потрібно. Найбільш вагомою перевагою такого пошуку є те, що користувач, не маючи чіткого формулювання ключової фрази, має можливість скористатися накопиченою історією запитів та ключових слів, вибрати з запропонованого списку пошукову фразу [3].

Але існуючі «живі пошуки» мають недоліки. По-перше, такі системи, як Google, Yandex не враховують компетентність користувачів: запропоновані пошукові слова обираються на основі статистичних даних (скільки разів пошукова фраза зустрічалась у запитах), і тому пошукові фрази, які пропонуються користувачеві, не завжди задовольняють його пошуковим намірам. По-друге, до «живого пошуку» включаються ключові слова популярних Інтернет сайтів як пошукові слова, які, як правило, непотрібні користувачу для здійснення пошуку.

Отже, вдосконалення системи пошуку та механізмів для його здійснення, які були б позбавлені зазначених недоліків, є важливою та актуальною задачею.

Метою роботи є вдосконалення способу пошуку інформаційних об'єктів та розробка відповідної пошукової системи, що дозволить покращити релевантність результатів пошуку відносно пошукового запиту користувача і тим самим спростити механізм пошуку.

Викладення основного матеріалу.

У роботі була запропонована ідея використання двох пошукових систем: основної (відомої) і локальної, в якій буде здійснюватися попередня обробка пошукових слів (перед відправкою в основну