



МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАЛЕЛЬНОГО ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЇ ФАЙЛІВ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ БАГАТОПРОЦЕСОРНИХ ЕОМ

Володимир Лісовець, Григорій Цегелик

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, Львів, 79000, e-mail: kafmmsep@franko.lviv.ua

Резюме: в статті розглянуто метод m -паралельного послідовного перегляду та два варіанти методу m -паралельного блочного пошуку, орієнтовані на їх використання в багатопроекторних системах для пошуку інформації у файлах баз даних. Досліджено ефективність цих методів для відомих законів розподілу ймовірностей звертання до записів. За критерій ефективності взято математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі. Проведено порівняльний аналіз ефективності методів і для кожного розглянутого закону розподілу ймовірностей звертання до записів визначено свій найкращий метод. Побудовано оптимальні стратегії пошуку записів в послідовних файлах, які зберігаються у зовнішній пам'яті багатопроекторної ЕОМ. За критерій оптимальності прийнято математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі.

Ключові слова: багатопроекторні системи, математичне моделювання, паралельний пошук, бази даних.

ВСТУП

Створення паралельних обчислювальних систем є стратегічним напрямком розвитку обчислювальної техніки. Це викликано обмеженістю максимально можливої швидкодії звичайних послідовних ЕОМ, а також наявністю обчислювальних задач, для розв'язування яких можливості існуючих засобів обчислювальної техніки недостатні.

Проблема створення високопродуктивних обчислювальних систем належить до переліку найскладніших науково-технічних задач. Організація паралельних обчислень здійснюється, в основному, за рахунок уведення надлишкових функціональних пристроїв (декількох процесорів). Якщо здійснити поділ алгоритмів, які застосовуються, на інформаційно-незалежні частини й організувати виконання кожної частини обчислень на різних процесорах, то можна прискорити процес обчислень. Такий підхід дозволяє виконувати необхідні обчислення з меншими затратами часу. Одержання максимально-можливого прискорення обмежується тільки кількістю наявних процесорів і "незалежних" частин алгоритму.

Завдяки високій надійності та продуктивності багатопроекторні ЕОМ широко використовуються для підтримки й організації великих баз даних (БД). При розв'язуванні різноманітних

задач із використанням БД основний акцент переноситься з процедур обробки інформації на процедури організації збереження та пошуку інформації в них. Тому продуктивність обчислювальних систем, орієнтованих на роботу з великими БД, у значній мірі визначається ефективністю методів паралельного пошуку інформації в БД.

1. МЕТОДИ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПОШУКУ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Розглядаються наступні методи паралельного пошуку записів у файлах БД для багатопроекторних ЕОМ [1-5]:

- метод m -паралельного послідовного перегляду;
- перший варіант методу m -паралельного блочного пошуку;
- другий варіант методу m -паралельного блочного пошуку.

Проводиться аналіз ефективності цих методів для різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів (рівномірного, "бінарного", Зіпфа й узагальненого, частковим випадком якого є розподіл, що наближено задовольняє правило "80-20" [6-9]). За критерій ефективності приймається математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі.

Зауважимо, що у випадку однопроцесорних ЕОМ ефективність методів пошуку для різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів, а також порівняння методів за ефективністю досліджено в [10]. Деякі часткові випадки ефективності методів розглянуто в [6, 7].

Дослідження ефективності методів паралельного пошуку проведено для рівномірного розподілу ймовірностей звертання до записів і таких законів нерівномірного розподілу ймовірностей, як:

- “бінарний” розподіл

$$p_i = \frac{1}{2^i}, \quad i = \overline{1, N-1}, \quad p_N = \frac{1}{2^{N-1}},$$

де p_i – ймовірність звертання до i -го запису, N – кількість записів у файлі;

- закон Зіпфа

$$p_i = \frac{1}{iH_N}, \quad i = \overline{1, N},$$

де $H_N = \sum_{k=1}^N \frac{1}{k}$;

- узагальнений закон розподілу

$$p_i = \frac{1}{i^{(c)}H_N^{(c)}}, \quad i = \overline{1, N},$$

де c ($0 < c < 1$) – будь-який параметр і

$$H_N^{(c)} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{k^c}.$$

Розглянемо метод m -паралельного послідовного перегляду.

Припустимо, що до складу багатопроцесорної ЕОМ входять m процесорів, які працюють паралельно та мають спільне поле пам'яті. Пронумеруємо процесори натуральними числами від 1 до m . Суть методу m -паралельного послідовного перегляду полягає в такому. Розіб'ємо всі записи файлу умовно на блоки по t записів у кожному. Нехай $N = n \cdot t$ – кількість записів у файлі, де n – кількість блоків. Тоді при використанні m -паралельного послідовного перегляду процес пошуку запису буде складатися з низки кроків. На першому кроці i -ий процесор переглядає значення ключа i -го запису. При цьому процес перегляду може бути успішним або неуспішним. Для визначення “успішності” всі процесори повинні обмінятися інформацією. У разі успішного перегляду процес

пошуку завершується. Якщо перегляд неуспішний, то на другому кроці i -ий процесор переглядає значення ключа $(m + i)$ -го запису і т. д. На $(k + 1)$ -му кроці (у випадку неуспішного перегляду на k -му кроці) i -ий процесор переглядає значення ключа $(km + i)$ -го запису. В наслідок виконання не більше ніж n кроків шуканий запис буде знайдено, якщо він міститься у файлі. Якщо p_i – ймовірність звертання до i -го запису файлу, то математичне сподівання E кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі, виражається формулою

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i p_{(i-1)m+j}.$$

Математичне сподівання у випадку різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів має наступний вигляд [1, 2]:

- рівномірний розподіл

$$E = \frac{1}{2} \left(\frac{N}{m} + 1 \right);$$

- “бінарний” розподіл

$$E = \frac{2^m}{2^m - 1};$$

- закон Зіпфа

$$E = \frac{1}{H_N} \left(H_N + \frac{N}{m} - \frac{1}{2} \ln \frac{N}{m} - C_1 \right),$$

де $C_1 = 0.5 \ln 2\pi$;

- узагальнений розподіл

$$E = \frac{1}{H_N^{(c)}} \left[H_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{1-c}{2-c} n - \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} \right) \right],$$

де

$$\alpha^{(c)}(n) = H_n^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} n^{2-c}.$$

Зокрема, якщо ймовірності звертання до записів задовільняють закон Зіпфа, то залежність математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису, від різної кількості процесорів показана на рис. 1.



Рис. 1 – Математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису, у випадку розподілу ймовірностей звертання до записів за законом Зіпфа, різної кількості процесорів і $N = 10^6$

На підставі порівняння ефективності методу послідовного перегляду ($m=1$) і методу m -паралельного послідовного перегляду доходимо висновку, що розпаралелювання методу послідовного перегляду веде до підвищення ефективності приблизно в m разів для всіх розглянутих законів розподілу ймовірностей звертання до записів, крім “бінарного”.

У випадку **першого варіанту методу m -паралельного блочного пошуку** вважаємо, що записи впорядкованого файлу розбиті на n блоків по sm записів у кожному і пошук запису у файлі здійснюємо таким чином. Спочатку шукаємо блок, який містить шуканий запис, шляхом перегляду m останніх записів блоків. Після цього пошук продовжуємо у локалізованому блоці за допомогою методу m -паралельного послідовного перегляду. Математичне сподівання E кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі, запишемо у вигляді суми математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для локалізації блоку, який містить шуканий запис, і математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису в локалізованому блоці. Тоді

$$E = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m (k+i) P_{(k-1)ms+(i-1)m+j}$$

Математичне сподівання кількості порівнянь для розглянутих законів розподілу ймовірностей звертання до записів буде мати такий вигляд [3]:

- рівномірний розподіл

$$E = \frac{1}{2}(n+1) + \frac{1}{2}(s+1);$$

- “бінарний” розподіл

$$E = \frac{2^{ms} - s}{2^{ms} - 1} + \frac{2^m}{2^m - 1};$$

- закон Зіпфа

$$E = \frac{1}{H_N} \left[2H_N + n + (s-1) \left(\frac{1}{2} \ln n + C_1 \right) - \frac{1}{2} \ln(ns) - C_1 \right],$$

де $C_1 = 0.5 \ln 2\pi$;

- узагальнений розподіл

$$E = \frac{1}{H_N^{(c)}} \left\{ 2H_N^{(c)} - \frac{N^{1-c}}{1-c} \left[\frac{1-c}{2-c} n - (s-1) \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} + \frac{\alpha^{(c)}(ns)}{(ns)^{1-c}} \right] \right\},$$

де

$$\alpha^{(c)}(n) = H_n^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} n^{2-c},$$

$$\alpha^{(c)}(ns) = H_{ns}^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} (ns)^{2-c}.$$

Якщо ймовірності звертання до записів задовільняють рівномірний закон розподілу, то залежність математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису, від різної кількості процесорів показана на рис. 2.

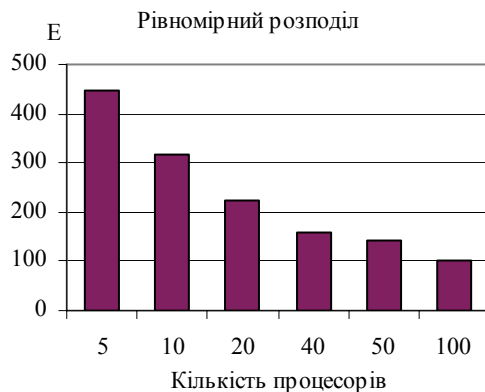


Рис. 2 – Математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису, у випадку рівномірного закону розподілу ймовірностей звертання до записів і різної кількості процесорів для $N = 10^6$

Порівнюючи ефективність методу блочного пошуку [10] та методу m -паралельного блочного пошуку, робимо висновок, що розпаралелювання методу блочного пошуку для всіх розглянутих законів розподілу ймовірностей звертання до записів, окрім "бінарного", суттєво підвищує ефективність. А у випадку "бінарного" закону розподілу ймовірностей збільшення кількості процесорів не підвищує ефективності роботи.

У разі **другого варіанту методу m -паралельного блочного пошуку** приймаємо, що записи файлу розбиті на nm блоків по sm записів у кожному, тоді кількість записів у файлі буде $N = snm^2$. Пошук запису у файлі здійснюється наступним чином. Спочатку шукається блок, який містить шуканий запис, використовуючи метод m -паралельного послідовного перегляду серед останніх елементів блоків. Після цього пошук продовжується в локалізованому блоці також за допомогою методу m -паралельного послідовного перегляду. Математичне сподівання E кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі, представимо у вигляді суми математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для локалізації блоку записів, і математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису в локалізованому блоці:

$$E = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m k \left(\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m P_{(k-1)m^2s - (l-1)ms + (i-1)m + j} \right) + \sum_{k=1}^{nm} \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m i P_{(k-1)ms + (i-1)m + j}$$

Явний вираз математичного сподівання у випадку різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів буде мати вигляд [4]:

- рівномірний розподіл

$$E = \frac{1}{2}(n+1) + \frac{1}{2}(s+1);$$

- "бінарний" розподіл

$$E = \frac{2^{m^2s} - s}{2^{m^2s} - 1} + \frac{2^m}{2^m - 1} - \frac{s}{2^{ms} - 1};$$

- закон Зіпфа

$$E = \frac{1}{H_N} \left[2H_N + n + \frac{1}{2}s \ln(nm) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{2} \ln n - \frac{1}{2} \ln(nms) + C_1(s-2) \right],$$

де $C_1 = 0.5 \ln 2\pi$;

- узагальнений розподіл

$$E = \frac{1}{H_N^{(c)}} \left[2H_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{1-c}{2-c} n + \frac{s\alpha^{(c)}(nm)}{(nm)^{1-c}} - \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} - \frac{\alpha^{(c)}(nms)}{(nms)^{1-c}} \right) \right],$$

де

$$\alpha^{(c)}(nm) = H_n^{(c-1)} - \frac{1}{2-c}(nm)^{2-c},$$

$$\alpha^{(c)}(nms) = H_{ns}^{(c-1)} - \frac{1}{2-c}(nms)^{2-c}.$$

Зокрема, якщо ймовірності звертання до записів задовільняють узагальнений закон розподілу, то залежність математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису, від різної кількості процесорів показана на рис. 3.

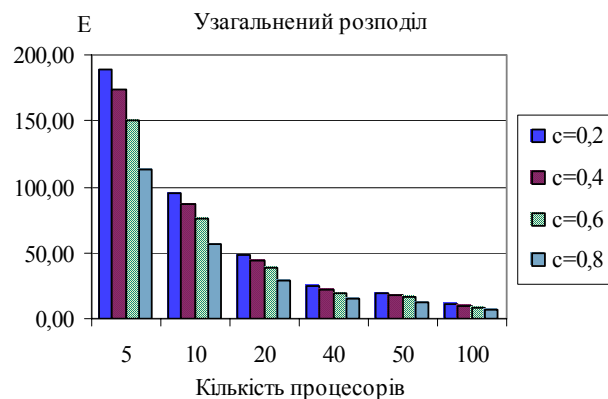


Рис. 3 – Математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису, у випадку узагальненого закону розподілу ймовірностей звертання до записів і різної кількості процесорів для $N = 10^6$

Якщо порівняти ефективність першого варіанту m -паралельного блочного пошуку та другого варіанту m -паралельного блочного пошуку, то приходимо до такого висновку: при $m=1$ перший та другий варіанти методу дають однакову ефективність; але із зростанням кількості процесорів ефективність другого варіанту методу значно зростає порівняно з

ефективністю першого варіанту.

В результаті аналізу методів m -паралельного послідовного перегляду, першого та другого варіантів m -паралельного блочного пошуку записів у файлах БД приходимо до висновку, що обидва варіанти методу m -паралельного блочного пошуку є значно ефективнішими від методу m -паралельного послідовного перегляду, для всіх розглянутих законів розподілу ймовірності звертання до записів, крім "бінарного". Також для всіх законів розподілу ймовірностей, крім "бінарного", другий варіант методу m -паралельного блочного пошуку є ефективніший, ніж перший. Для розглянутих методів паралельного пошуку в табл. 1 наведені значення математичного сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі, який містить $N = 10^6$ записів, у випадку розподілу ймовірностей звертання до записів за законом Зіпфа та різної кількості процесорів.

Таблиця 1. Математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі, для розглянутих методів паралельного пошуку у випадку розподілу ймовірностей звертання до записів за законом Зіпфа та різної кількості процесорів

m	Паралельні методи пошуку		
	Послідовний перегляд	1-й варіант блочного пошуку	2-й варіант блочного пошуку
1	69479,99	303,93	303,93
2	34740,25	211,09	152,58
4	17370,39	146,62	76,92
5	13896,42	130,39	61,80
10	6948,49	90,62	31,57
20	3474,54	63,04	16,48
40	1737,57	43,95	8,95
50	1390,18	39,16	7,46
100	695,41	27,43	4,48

2. ОПТИМАЛЬНІ СТРАТЕГІЇ

Використовуючи метод m -паралельного послідовного перегляду нами побудовано оптимальні стратегії паралельного пошуку інформації у послідовних упорядкованих файлах баз даних, що зберігається у зовнішній пам'яті ЕОМ, до складу якого входять m процесорів, які працюють паралельно і мають спільне поле пам'яті.

Припустимо, що файл, який містить N записів, поділений на n блоків, у кожному з яких є ml записів. Нехай $a_0 = b_0 + d_0ml$ – час читання блоку записів в основну пам'ять, де b_0, d_0 – деякі

сталі; t_0 – час виконання операції m -паралельного послідовного перегляду записів в основній пам'яті; p_i – ймовірність звертання до i -го запису файлу, E_t – математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі. Приймаємо, що для пошуку запису відбувається послідовне читання блоків записів в основну пам'ять і їх m -паралельний послідовний перегляд. Тоді

$$E_t = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \{ka_0 + [(k-1)l + i]t_0\} \times P_{(k-1)ml+(i-1)m+j}$$

Для E_t знайдено явний вираз у випадку розглянутих законів розподілу ймовірностей звертання до записів і визначено значення параметрів n і l , за яких математичне сподівання досягає мінімуму [5].

- Рівномірний розподіл

$$E_t = \frac{1}{2} \left[(n+1) \cdot \left(b_0 + \frac{d_0 N}{n} \right) + \left(\frac{N}{m} + 1 \right) t_0 \right],$$

функція E_t досягає мінімуму при

$$n = (d_0 N / b_0)^{1/2}.$$

- "Бінарний" розподіл

$$E_t = \frac{2^{ml}}{2^{ml} - 1} (b_0 + d_0 ml) + \frac{2^m}{2^m - 1} t_0.$$

Для визначення параметра l , за якого функція E_t досягає мінімуму, отримуємо рівняння

$$2^{ml} = 1 + \left(ml + \frac{b_0}{d_0} \right) \ln 2.$$

- Закон Зіпфа

$$E_t = \frac{1}{H_N} \left[\left(H_N + n - \frac{1}{2} \ln n - C_1 \right) \left(b_0 + \frac{d_0 N}{n} \right) + \left(H_N + \frac{N}{m} - \frac{1}{2} \ln \frac{N}{m} - C_1 \right) t_0 \right],$$

де $C_1 = 0.5 \ln 2\pi$;

Для наближеного обчислення значення параметра n , за якого E_t досягає мінімуму, маємо рівняння

$$2n^2 - n = \frac{d_0 N}{b_0} (2H_N + 1 - \ln n - 2C_1).$$

- узагальнений розподіл

$$E_t = \frac{1}{H_N^{(c)}} \left\{ \left[H_N^{(c)} - \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} n + \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} \right) \right] \left(b_0 + \frac{d_0 N}{n} \right) + \left[H_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} \frac{N}{m} + \frac{\alpha^{(c)}(N/m)}{(N/m)^{1-c}} \right) \right] t_0 \right\},$$

де

$$\alpha^{(c)}(n) = H_n^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} n^{2-c}.$$

Параметр n , за якого функція E_t досягає мінімуму, можемо визначити з наступного рівняння:

$$\begin{aligned} n^{3-c} + (2-c) \cdot \left(n + \frac{2-c}{1-c} \frac{d_0}{b_0} N \right) \alpha^{(c)}(n) &= \\ &= (2-c) \frac{d_0}{b_0} N^c n^{1-c} H_N^{(c)} + \\ &+ \frac{2-c}{1-c} n \left(n + \frac{d_0}{b_0} N \right) \left(\alpha^{(c)}(n+1) - \alpha^{(c)}(n) \right). \end{aligned}$$

Зокрема, якщо ймовірності звертання до записів задовільняють узагальнений закон розподілу, $N = 10^6$, $b_0/d_0 = 20$, то значення параметра l зображені в табл. 2.

На відміну від параметра l , оптимальні значення параметра n , за яких математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі, досягає мінімуму, не залежать від кількості процесорів, а залежать лише від зміни закону розподілу ймовірностей звертання до записів для всіх законів розподілу, крім "бінарного". Зокрема, залежність оптимального значення параметра n від зміни закону розподілу ймовірностей звертання до записів для $N = 10^6$ і $b_0/d_0 = 20$ зображено

відповідно на рис. 4.

Таблиця 2. Оптимальні значення параметра l у випадку узагальненого закону розподілу ймовірностей та різної кількості процесорів

m	c=0.2	c=0.4	c=0.6	c=0.8
1	4201,68	3831,42	3278,69	2421,31
2	2100,84	1915,71	1639,34	1210,65
4	1050,42	957,85	819,67	605,33
5	840,34	766,28	655,74	484,26
10	420,17	383,14	327,87	242,13
20	210,08	191,57	163,93	121,07
40	105,04	95,79	81,97	60,53
50	84,03	76,63	65,57	48,43
100	42,02	38,31	32,79	24,21



Рис. 4 – Оптимальні значення параметра n у випадку $N = 10^6$ та $b_0/d_0 = 20$ для таких законів розподілу ймовірностей звертання до записів: рівномірного ($c=0$), узагальненого та Зіпфа ($c=1$)

3. ВИСНОВКИ

Розглянуто метод m -паралельного послідовного перегляду та два варіанти методу m -паралельного блочного пошуку. Досліджено ефективність цих методів для таких законів розподілу ймовірностей звертання до записів як: рівномірний, "бінарний", Зіпфа й узагальнений, частковим випадком якого є розподіл, що наближено задовільняє правило "80-20". За критерій ефективності взято математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі. Проведено порівняльний аналіз ефективності методів і для кожного розглянутого закону розподілу ймовірностей звертання до записів визначено свій найкращий метод.

Побудовано оптимальні стратегії пошуку записів в послідовних файлах, які зберігаються у зовнішній пам'яті багатопроцесорної ЕОМ, для різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів. За критерій ефективності взято

математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі. Визначені значення параметрів, за яких математичне сподівання досягає мінімуму.

“Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем” / Мельничин А.В. – Львів: “Львівська політехніка”, 2009, – 20с.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Лісовець В. Я., Цегелик Г. Г. Метод т-паралельного послідовного перегляду записів та його використання для пошуку інформації у послідовних файлах баз даних // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2007. – Вип. 5. — С. 109-119.
- [2] Лісовець В., Цегелик Г. Метод т-паралельного послідовного пошуку записів у файлах баз даних і його ефективність // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. –2006. – Вип. 13.– С. 177-186.
- [3] Лісовець В. Я., Цегелик Г. Г. Метод т-паралельного блочного пошуку записів у файлах баз даних та його ефективність // Відбір та обробка інформації. – 2007. – Вип. 27(103). – С. 87-92.
- [4] Лісовець В. Я., Цегелик Г. Г. Один з варіантів методу т-паралельного блочного пошуку записів і його ефективність // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2008. – Вип. 7. – С. 103-111.
- [5] Лісовець В., Цегелик Г. Моделювання та оптимізація паралельного пошуку інформації у файлах баз даних // Матеріали третьої міжнародної науково-технічна конференції: “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” CSIT’2008 (25-27 вересня 2008р.). – Львів: Видавництво ПП “Вежа і Ко”, 2008, С. 277-280
- [6] Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3: Сортировка и поиск. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2000. – 832 с.
- [7] Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. – М: Мир, 1980. – 644 с.
- [8] Цегелик Г. Г. Организация и поиск информации в базах данных. – Львов: Вища шк., 1987. – 176 с.
- [9] Цегелик Г.Г. Системы распределенных баз данных. – Львов: Світ, 1990, – 168с.
- [10] Мельничин А. В. Моделювання та оптимізація доступу до інформації файлів баз даних. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: спеціальність 01.05.03



Лісовець Володимир Ярославович, народився 29 липня 1983 року в м. Дрогобичі Львівської області.

В 2000 – 2005 рр навчався в Львівському національному університеті (ЛНУ) ім. І. Франка на факультеті прикладної математики та інформатики. В 2005р.

отримав диплом магістра.

З листопада 2007р аспірант кафедри математичного-моделювання соціально-економічних процесів факультету прикладної математики та інформатики ЛНУ ім. Франка.



Цегелик Григорій Григорович

народився 1942р. Закінчив Львівський державний університет, кандидат фіз.-мат наук з 1969р. Доктор фіз.-мат наук з 1990р. З 1991р. професор. З 1974р по 1984р очолював кафедру механізованої обробки економічної інформації.

З 1993р по 2000р очолював кафедру обчислювальної математики, а з 2000р по теперішній час очолює кафедру математичного моделювання соціально-економічних процесів факультету прикладної математики та інформатики Львівського національного університету ім. І.Франка. Наукові інтереси: теоретичні основи інформатики та кібернетики, чисельні методи аналізу, математичне моделювання економічних процесів. Автор та співавтор понад 500 публікацій, у тому числі 3-ох індивідуальних монографій, 1-го підручника та 2-ох посібників з грифом МОН України.