

УДК 004.67

В.С. Бабков, М.О. Серік  
Донецький національний технічний університет  
victor.babkov@gmail.com

## Методи візуалізації даних складної структури на основі деревоподібних карт

*У роботі розглядаються методи візуалізації даних складної структури (зокрема геоінформаційних) на основі деревоподібних карт. Наведено аналіз існуючих методів, характеристик їх ефективності та запропоновано модифікацію методів, спрямовану на покращення середнього коефіцієнту співвіднесення сторін блоків карти. Описано результати експериментальної перевірки запропонованого методу.*

**Карта, візуалізація, площа, оптимізація, сортування**

### Вступ

Дослідження залежностей і закономірностей у геоінформаційних даних є складним завданням через їх величезний розмір. Дані можуть бути різної природи і з різних джерел.

Геовізуалізація - метод дослідження просторових знань, прихованих в багатовимірних географічних і часових даних через взаємодію з картою і графом. Геовізуалізація - це не просто пасивний процес перегляду та читання карт. Це активний процес, що включає сортування, виділення, фільтрацію і перетворення даних для визначення залежностей і відносин. Карти та графіки в цьому контексті роблять більше, ніж «відображають дані», вони є активними інструментами в процесі мислення користувача [1].

Розробка методів ефективної взаємодії комп'ютера та електронної обробки і людського зору, методів аналізу і візуалізації даних, що стимулюють виявлення залежностей, вироблення гіпотез і отримання знань з даних є актуальною науковою задачею [2].

Традиційним підходом, що застосовується при геовізуалізації, є пряме відображення кожного запису з масиву даних, після цього аналітик вивчає ці дані і намагається визначити залежності. Однак безліч джерел і розмір даних зростають з кожним днем, що значно ускладнює завдання аналітиків. Представлення даних (на папері, моніторі або іншому пристрої) може стати нерозбірливим через візуальну перевантаженість, великий обсяг даних і інформацію різної природи. У користувача можуть виникнути проблеми зі сприйняттям, відстеженням і розумінням безлічі візуальних елементів, які змінюються паралельно. Багато методів було розроблено для візуального

аналізу просторових даних шляхом прямого відображення. Однак, малоймовірно, що дані методи зможуть ефективно вирішити проблему перевантаженості зображення даними [3].

На даний час відомі такі підходи, що застосовуються при геовізуалізації великих обсягів даних:

- відображення і візуалізація абстрактного набору даних, отриманого в результаті попередньої обробки даних;

- розробка різного роду відображень для використання простору карти більш ефективно.

Серед основних методів попередньої обробки даних можна виділити:

- побудова кореляційної матриці та визначення значущих чинників;

- фільтрація та перетворення даних;

- факторний аналіз, аналіз головних компонент;

- сортування, агрегація, фільтрація і т.д.

До методів, які використовують простір карти найбільш ефективно, відносять [4]:

- карти щільності;

- гістограми, діаграми, графіки, тимчасові ряди;

- анімація;

- просторово-часової куб;

- кільцеві карти, деревоподібні карти, і т.д.

У даній роботі будуть розглянуті деревоподібні карти, оцінка їх ефективності при відображенні великих обсягів даних і області застосування та удосконалення методів їх побудови.

Деревоподібні карти використовуються для відображення широкого спектру даних ієрархічної природи.

Наприклад, компанія ІВМ запустила сервіс 'Manueyes' [5], який дозволяє відображати і досліджувати закономірності у даних,

застосовуючи різні техніки геовізуалізації, серед яких відображення у вигляді деревоподібної карти займає одну з провідних ролей.

Деякі з прикладів застосування деревовидних карт, як засобу геовізуалізації включають:

- геовізуалізація рівня споживання м'яса в світі;
- геовізуалізація відсотка населення різних релігій в усьому світі;
- геовізуалізація рівня смертності, народжуваності, куріння, індексу розвитку людського потенціалу, індексу щастя по всьому світі.

Наочним прикладом використання деревовидних карт є «Карта ринку» на сайті Smartmoney.com (рис. 1) [6].

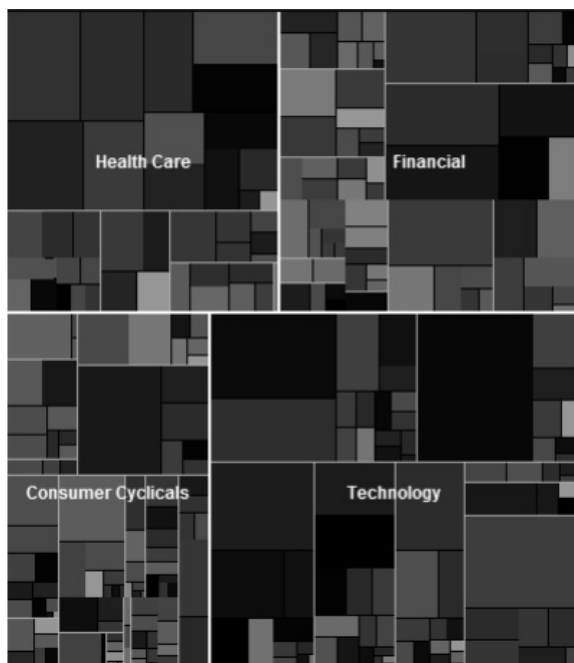


Рисунок 1 – Приклад деревовидної карти на прикладі карти економічного ринку

Також існує безліч застосувань деревоподібних карт для:

- відображення файлової системи;
- відображення фотографій;
- медицина, відображення геному людини.

На даний час існує багато робіт, у яких розглянуто підходи до побудови карт різноманітної конфігурації, зокрема [4].

Враховуючи вищесказане, задача розробки ефективних алгоритмів побудови деревовидних карт для візуалізації даних складного формату є актуальною задачею.

## Аналіз характеристик якості методів побудови деревовидних карт

Деревоподібні карти - метод відображення ієрархічних даних великих розмірів. Вони ефективно поєднують в собі діаграму Венна і секторну діаграму. Ідея деревовидних карт запропонована Беном Шнідерманом [3].

Спочатку, деревоподібна карта складається з одного великого прямокутника, і потім відбувається поділ цього прямокутника на області меншого розміру рекурсивно. Початковий прямокутник представляє корінь дерева. Він поділяється на сукупність прямокутників меншого розміру, розділених горизонтально, кожен з яких є дочірнім по відношенню до кореня дерева. Далі процес повторюється, на кожному рівні ієрархії напрям поділу міняється з горизонтального на вертикальний, і навпаки [4].

На даний момент в деревовидних картах використовуються такі підходи для передачі інформації:

- розмір прямокутників;
- колір прямокутників;
- анотації.

Відображення дерев у вигляді деревоподібної карти має дві переваги. Перше - це те, що дуже легко бачити ієрархічну структуру, показані зв'язки між рівнями. Дочірні рівні знаходяться всередині свого батька. Наступною перевагою є те, що при такому поданні простір карти використовується дуже ефективно. Початковий прямокутник повністю заповнюється прямокутниками меншого розміру.

Деревоподібна карта є, особливо, ефективним засобом відображення дерев, якщо кожен лист дерева має вагу, асоційований з ним. В якості ваги може виступати: розмір файлу, в разі Шнідермана, фізична вага, грошова вартість, вміст цукру і.т.д. Залежно від ваги того чи іншого листа, він буде займати більше чи менше простір на карті [3].

Ключовим аспектом при створенні деревовидних карт є алгоритм, що застосовується для створення вкладених прямокутників, що складають карту. Ефективність алгоритму визначається наступними параметрами:

- середнє співвідношення сторін прямокутників (середній коефіцієнт пропорційності);
- динамічний коефіцієнт зміни;
- читабельність карти;
- впорядкованість даних.

Середній коефіцієнт пропорційності визначається за формулою:

$$AAR = \frac{\sum_{i=0}^n [\max(l_i, h_i) / \min(l_i, h_i)]}{n}, \quad (1)$$

, де

AAR (Average Aspect Ratio) – середній коефіцієнт пропорційності;

l – ширина прямокутника;

h – висота прямокутника;

n – загальна кількість прямокутників.

Чим ближче коефіцієнт пропорційності окремого прямокутника до 1, тим він ближче за формою до квадрату. І, відповідно, чим ближче середній коефіцієнт пропорційності до 1, тим більш «квадратною» є карта. Людині складно працювати з витягнутими прямокутниками: прямокутники з різними коефіцієнтами пропорційності складно порівнювати між собою, додавати анотації до них і навіть просто побачити на карті.

Середній динамічний коефіцієнт зміни визначається за формулою:

$$ADCH = \frac{\sum_{i=0}^n d(R1, R2)}{n},$$

де

ADCH (Average Dynamic Coefficient of Change) – середній динамічний коефіцієнт зміни;

n - загальна кількість прямокутників;

R - прямокутник, визначається 4-ма числами (x, y, w, h);

d (R1, R2) - відстань між прямокутниками.

Динамічний коефіцієнт зміни характеризує наскільки структура прямокутників однієї карти, відрізняється від іншої. І, отже, чим даний коефіцієнт нижчий, тим краще: маленькі зміни в даних призводять лише до незначної перебудови карти.

Вибираються «не виважені» середній коефіцієнт пропорційності і динамічної зміни, тобто прямокутники з маленькою площею впливають на дані коефіцієнти, точно так само як і великі. Альтернативою може бути використання «зважених» коефіцієнтів, так як прямокутники більшого розміру вносять більший внесок у загальне візуальне подання. Використання «зважених» коефіцієнтів призводить до утворення маленьких, витягнутих прямокутників [7].

Ще одним параметром, що визначає ефективність алгоритму, є читабельність карти - метрика, що характеризує наскільки легко і швидко, користувач може знайти потрібний прямокутник. Дану метрику набагато складніше виміряти кількісно. Читабельність залежить від послідовності та прогнозованості розмітки карти. Послідовність дозволяє людині слідувати за

шаблоном швидко, не перескакуючи з місця на місце. Прогнозованість фокусує погляд користувача на тому регіоні, де, на його думку, даний прямокутник розташований. Для кількісного виміру даної метрики застосовують такі підходи:

- проведення експерименту: показ користувачам одних і тих же даних, згрупованих різним чином (за різними алгоритмами) і виконання відповідних завдань з пошуку потрібного прямокутника. Читабельність, потім, може бути виміряна за допомогою інтерв'ю та аналізу часу пошуку;

- стеження за рухом людського ока під час перегляду карти. Чим частіше людина змінює напрямок перегляду карти або перескакує з місця на місце, тим читабельність гірше. Даний підхід є більш механічним, і не вимагає подальших інтерв'ю після перегляду карти.

Кожній карті присвоюється числове значення, що характеризує читабельність і показує наскільки легко користувач може знайти потрібний прямокутник.

Деревоподібні карти можуть бути впорядковані і невпорядковані. Для більшості реальних даних порядок важливий і він несе в собі важливу частину інформації, тому ще однією важливою властивістю, що визначає ефективність карти, є впорядкованість даних.

### **Аналіз методів побудови деревовидних карт**

Існує безліч різних алгоритмів розбиття простору деревоподібної карти, і, хоча, всі вони різні, загальна структура залишається однаковою для всіх. Є початкова область певного розміру і сукупність підобластей, які необхідно розмістити всередині початкової області. Тому, в основі всіх алгоритмів лежить послідовний вибір прямокутників, за різними критеріями, розміщення вибраних прямокутників всередині початкової області та видалення зайнятого місця з початкового прямокутника.

Ключовим моментом є місце, де ми визначаємо межі прямокутника. Існують алгоритми, які переглядають наперед список дочірніх вузлів та їх розміщення, при визначенні меж окремого прямокутника. Однак головна ідея всіх алгоритмів залишається однаковою: функція, яка обробляє кожен вузол, залежно від його розмірів, виділять кожному вузлу деякий простір. Якщо вузол містить дочірні вузли - вони розміщуються всередині батька.

Найбільш широко використовуваними алгоритмами розбиття простору деревоподібної карти є наступні:

- традиційний алгоритм «горизонталь-

вертикаль» (slice-and-dice);

- квадратичний алгоритм (squarified);
- поділ по смугах (strip treemap);
- кластер (cluster);
- опорний елемент в центрі (pivot-by-middle);
- опорний елемент за розміром (pivot-by-size);
- опорний елемент по розділеному розміру (pivot-by-split-size).

Згідно з алгоритмом «горизонталь-вертикаль», простір карти розбивається на вкладені прямокутники, на кожному рівні ієрархії орієнтація ліній (горизонтальна або вертикальна) змінюється. Даний алгоритм легко реалізувати і він є досить ефективним для малого розміру даних, однак зі збільшенням розміру даних даний алгоритм дуже часто призводить до утворення великої кількості витягнутих прямокутників [7].

Сильними сторонами даного алгоритму є характеристики «коефіцієнт динамічної зміни» та «читабельність». Він також зберігає впорядкованість елементів. Однак через дуже високий коефіцієнт пропорційності він дуже рідко використовується на практиці в чистому вигляді, набагато частіше він служить мірою порівняння для інших алгоритмів.

Метод квадратичної деревоподібної карти дозволяє розбити початкову область на вкладені прямокутники меншого розміру, так щоб середній коефіцієнт пропорційності був якомога ближче до 1. Список всіх подібних можливих розміщень дуже великий і дана проблема належить до класу NP-складних завдань, тому метод передбачає, що відшукується не оптимальне рішення, а задовільне рішення за мінімальний час [8].

В основі алгоритму квадратичної деревоподібної карти лежить ітераційне розбиття для всіх підрівнів. Тобто на кожному рівні розглядаються тільки найближчі дочірні вузли, і проводиться їх розміщення так, щоб середнє співвідношення сторін для даного рівня було близько до 1. На наступному рівні ієрархії, початковим буде прямокутник з коефіцієнтом пропорційності близьким до 1 і, отже, гарною відправною точкою для розміщення своїх дочірніх вузлів. Потім процес повторюється рекурсивно. Прямокутники, що отримуються при декомпозиції, розміщуються вздовж лінії на вільному місці до тих пір, поки найгірший (найвищий) коефіцієнт пропорційності всіх прямокутників в даній лінії продовжує зменшуватися. Як тільки найгірший коефіцієнт пропорційності досягає свого мінімуму, і додавання ще одного прямокутника призводить до збільшення найгіршого коефіцієнта пропорційності, розміщення лінії закінчується. Важливою є послідовність розміщення прямокутників.

Недоліки, властиві квадратичним

деревоподібним картам:

- найменша зміна даних призводить до значної перебудови прямокутників карти;
- дані алгоритми не зберігають впорядкованість даних і, отже, читабельність даних алгоритмів дуже низька.

Алгоритм «поділ по смугах» є модифікацією існуючого алгоритму квадратичних деревовидних карт. У його основі лежить впорядкована обробка послідовності прямокутників і розміщення їх в смуги (вертикальні або горизонтальні) різної ширини.

Даний алгоритм переглядає та динамічно змінює ширину тільки поточної смуги прямокутників. Він забезпечує кращу читабельність, ніж традиційні алгоритми, що лежать в основі впорядкованих деревовидних карт.

Вхідними даними є початкова область  $R$  для поділу і послідовність дочірніх прямокутників певного розміру, впорядкованих за індексом. Прямокутники додаються у поточну лінію до тих пір, поки середній коефіцієнт пропорційності всіх прямокутників даної лінії зменшується. При його збільшенні починається нова лінія. Кожен раз, при додаванні нового прямокутника в лінію, розміри всіх прямокутників даної лінії динамічно перераховуються, і змінюється її товщина. Цей алгоритм є спрощеною версією квадратичного алгоритму розбивки.

В алгоритмі поділу по смугах часто виникає проблема з розміщенням останньої лінії, тому що рішення про додавання прямокутника в лінію базується тільки на середньому коефіцієнті прямокутників поточної лінії. Тому, можливо, отримання довгої тонкої лінії в самому кінці і залишених прямокутниках, які, в результаті, будуть дуже витягнуті.

Дана проблема може бути вирішена, якщо додати прогнозування та обробку наступної лінії наперед [8]. Схематичне зображення результатів роботи розглянутих алгоритмів наведено на рис. 2.

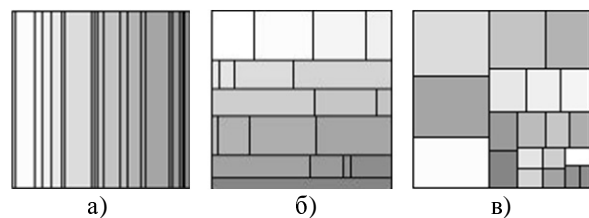


Рисунок 2 – Схематичне зображення результату роботи алгоритмів а) горизонталь-вертикаль, б) смуговий, в) квадратичний

Ефективність алгоритму визначається наступними параметрами:

- середнє співвідношення сторін

прямокутників (середній коефіцієнт пропорційності);

- динамічний коефіцієнт зміни;
- читабельність карти;
- впорядкованість даних.

У табл. 1 наводиться порівняння алгоритмів, де

3 - найвища оцінка, найкращий алгоритм за даним критерієм;

1 - нижча оцінка, найгірший алгоритм за даним критерієм.

Всі ці параметри дуже важливі і в певних випадках кожен з них є найбільш важливим критерієм. Однак, найбільш «відчутним», параметром, який можна виміряти кількісно є параметр середнього співвідношення сторін прямокутників.

Таблиця 1 - Порівняння характеристик алгоритмів

Алгоритм	Середній коефіцієнт пропорційності	Динамічний коефіцієнт зміни	Читабельність карти	Впорядкованість даних
Горизонталь-вертикаль	1	3	3	так
Квадратичний	3	1	1	ні
Смуговий	2	2	2	ні

Параметром динамічного коефіцієнта зміни можна знехтувати, якщо розглядати статичні деревоподібні карти і отриманий результат як картинку.

Для оцінки читабельності карти є 2 методи:

- проведення експерименту і аналіз часу пошуку;
- спостереження за рухом людського ока під час перегляду карти.

Обидва цих методи пов'язані з великими накладними витратами і в них, значною мірою, присутній суб'єктивний момент. Для одних людей, на окремо взятій карті, читабельність буде дуже гарною, для інших - навпаки. Одні читають зліва-направо, інші справа-наліво.

Що стосується параметра впорядкованості даних можна сказати, що є дані, для яких впорядкованість даних дуже важлива, оскільки вона несе істотну частину інформації. Упорядкованість даних, як правило, важлива, коли карта акцентує увагу на питанні «коли?».

Прикладами можуть бути: кількість ДТП в Україні в залежності від дня тижня, часу доби або сезону, споживання м'яса по місяцях, динаміка зміни кількості курців і т.д. У свою чергу, є дані, для яких впорядкованість не важлива, вони, звичайно, допомагають нам відповісти на питання «де?» Прикладами можуть бути ті ж дані, але більш глобально, якщо ми хочемо відповісти на такі питання як: де, в якій країні, відбувається найбільш кількість ДТП, споживають м'яса чи найбільший відсоток курців.

Параметр середнього співвідношення сторін прямокутників важливий при візуалізації будь-яких даних. Досить сказати, що традиційний, найперший алгоритм «горизонталь-вертикаль», запропонований Беном Шнідерманом, є найкращим, з точки зору параметрів динамічної зміни, легкості читання і впорядкованості даних. Однак, при побудові реальних карт, він навіть не розглядається через найгірший середній коефіцієнт пропорційності [9]. Він служить теорією, відправною точкою, основою для всіх наступних алгоритмів.

У даній роботі основою для оцінки ефективності алгоритмів буде середнє співвідношення сторін прямокутників. Для кількісного порівняння характеристик методів було розроблено програмне забезпечення на базі платформи Java, яке реалізує три відомі алгоритми та дозволяє отримувати на кожному кроці декомпозиції значення середнього коефіцієнту пропорційності сторін.

У якості тестових даних використовувалися дані з ресурсу – IBM Manueyes [5], зокрема:

- споживання м'яса по рокам та країнам;
- розповсюдженість інтернет-банкінгу;
- відображення відсотка населення різних релігій в усьому світі;
- відображення рівня смертності, народжуваності, куріння, індексу розвитку людського потенціалу (ІРЛП), індексу щастя по всьому світі;
- і т.д.

Результат експериментальної перевірки показано на рис. 3.

З рисунку видно, що найбільш ефективним алгоритмом, з точки зору середнього співвідношення сторін прямокутників, є квадратичний алгоритм і найменш ефективним – алгоритм «горизонталь-вертикаль». Для квадратичного алгоритму, на різноманітному набору даних, коефіцієнт середнього співвідношення сторін прямокутників  $\rightarrow 1$  і, в середньому, знаходиться близько до 1.2. Це дуже добрий показник, але, принаймні, теоретично, у найкращому випадку його можливо покращити до 1 – карта, де всі прямокутники є квадратами з

різною площею. З точки зору параметру середнього співвідношення сторін прямокутників це був би ідеальний варіант.



Рисунок 3 - Порівняння алгоритмів з точки зору середнього співвідношення сторін прямокутників

### Модифікований алгоритм декомпозиції для побудови деревоподібної карти

Опишемо процес побудови карти формально.

Вхідні дані:  $h, w$  - висота та ширина карти,  $K = \{k_1, \dots, k_n\}$  - набір даних, що підлягають відображенню.

Необхідно отримати множини  $S = \{s_1, \dots, s_m\}$ ,  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ ,  $B = \{b_1, \dots, b_n\}$ .  $S$  - множина рядків карти після розміщення.  $m$  - кількість рядків.  $A$  - множина висот елементів карти,  $B$  - множина ширин елементів карти. Множини повинні задовольняти наступним вимогам:

$$\sum_{i=0}^n \frac{\max(a_i, b_i)}{\min(a_i, b_i)} - 1 < \varepsilon$$

$$\sum_{i=0}^n a_i b_i = hw,$$

де

$\varepsilon$  - нескінченно мала величина.

Фактично, задача пошуку розбиття може бути поставлена, як задача багатокритеріальної оптимізації. Базовий квадратичний метод не передбачає пошуку глобального мінімуму, його основа – це пошук локального мінімуму на основі методу з поверненням при невдалій спробі [10].

Спробуємо застосувати для розбиття підхід на основі методу найкращої проби.

Для цього на кожному кроці методу при додаванні нової ділянки до карти будемо генерувати множину пробних точок (тобто множину ділянок, які можна додати до карти).

Математично таку множину можна визначити як

$$K' = K - S',$$

де

$K'$  - множина ще не розміщених елементів;

$K$  - множина всіх елементів;

$S'$  - множина вже розміщених елементів.

Вибір «кращого» елемента можна сформулювати, як вибір мінімального або максимального за площею елемента карти.

Якщо спиратися на припущення, які висуваються до квадратичного алгоритму, то можна стверджувати, що більш доцільним є попереднє розміщення більших за площиною елементів, ніж менших. Тому оберемо як кращу пробу максимум, тобто:

$$s_0 = \max(a_j b_j), j \in [0..m],$$

де

$m$  - потужність множини  $K'$ .

В результаті модифікований метод можна записати у вигляді наступного псевдокоду:

1. Сортування множини  $K$  за зростанням площини  $a_i b_i$ .
2.  $S = 0$ ,  $K' = K$ ,  $i = 1$ ,  $j = 1$
3.  $AAR_{prev} = \infty$
4.  $s_j = 0$
5. Доки  $|K'| > 0$  повторюємо, інакше вихід.
6. Додати  $k_i$  до множини  $s_j$
7. Розрахунок  $AAR(s_j)$  за формулою (1)
8. Якщо  $AAR > AAR_{prev}$ , то перехід на п. 12
9. Вилучити  $k_i$  з множини  $s_j$
10. Додати  $s_j$  до множини  $S$
11.  $j = j + 1$ , перехід на п. 3
12.  $AAR_{prev} = AAR$

13. Вилучити  $k_i$  з множини  $K'$

14.  $i = i + 1$ , перехід на п. 5.

Розглянемо характеристики складності даного алгоритму. Спочатку прямокутники сортуються за площиною, що забирає час  $O(n \log n)$ . Час виконання другої частини алгоритму залежить від середньої кількості прямокутників у кожному рядку. Через те, що розміри прямокутника в поточному рядку повинні переаховуватися щораз при додаванні нового прямокутника до рядка, час виконання виходить  $O(n \log n) + O(nB(n))$ , де  $B(n)$  – середня кількість прямокутників у рядку. Таким чином, час виконання обмежений знизу  $O(n \log n)$  у

випадку, якщо  $O(B(n)) \leq O(n \log n)$ . У найгіршому випадку, коли всі прямокутники перебувають в одній лінії  $B(n) = n$ , час виконання буде  $O(n^2)$ , що є верхньою межею часу виконання. У середньому, однак, кожний рядок буде містити  $\sqrt{n}$  прямокутників і середній час виконання  $O(n\sqrt{n})$ .

Виконаємо експериментальну перевірку запропонованого методу у порівнянні з найкращим, як було визначено у першій частині статті, квадратичним методом. Результати експерименту на тих самих наборах експериментальних даних [5] наведено на рис. 4.



Рисунок 4 – Порівняння квадратичного та модифікованого методів

Порівняння методів проводилося за показником «середній коефіцієнт співвіднесення сторін» - формула (1).

### Висновки

Як показали експериментальні дослідження, запропонована модифікація дозволяє наблизити показник якості квадратичного методу до його межового значення в середньому на 23%, при цьому складність методу можна визначити як  $O(n\sqrt{n})$ .

У результаті роботи можна зробити

висновок, що в якості базового для покращення характеристик методів побудови деревовидних карт доцільно обирати квадратичний метод [7]. Модифікація з покращенням характеристик можлива, але у вузьких межах, оскільки характеристики кращих алгоритмів вже досить наближені до межового значення – 1.

Наступним кроком є дослідження можливості застосування до даної задачі алгоритмів покращення інших характеристик – динмічного коефіцієнту зміни, що може бути важливим для карт, які будуються у реальному часі.

### Список литературы

1. Dodge M., McDerby M., Turner M. Geographic visualization. Concepts, tools and applications. Wiley publ. – 2008. – P. 1-9.
2. Slingsby A., Dykes J., Wood J. Using treemaps for variable selection in spatio-temporal visualisation. Information Visualization, Vol 7, 210-224.
3. Shneiderman B. Treemaps for space-constrained visualization of hierarchies. ACM Transactions on Graphics. – 1992, P.92-100.

4. Kerwin T., Survey of treemap techniques [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.cse.ohio-state.edu/~kerwin/treemap-survey.html> , 2001.
5. IBM Manyeyes. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www-958.ibm.com/software/data/cognos/manyeyes/>
6. SmartMoney. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.smartmoney.com/map-of-the-market/>
7. Bruls M., Huizing K., Jarke J. Squarified treemaps. Data visualization 2000: Proceedings of the Joint Eurographics and IEEE TCVG Symposium on Visualization in Amsterdam, The Netherlands, May 29-31. – 2000. – P. 33-42.
8. Engdahl B. Ordered and Unordered Treemap Algorithms and Their Applications on handheld devices. Master's degree project. Nitherland, Norway . – 2005.
9. Bederson B. Ordered and Quantum Treemaps: Making Effective Use of 2D Space to Display Hierarchies. ACM Transactions on Graphics, Vol. 21, Issue 4. – 2002.
10. Onwubolu G.C., Babu B. V. New optimization techniques in engineering. Springer. – 2004. – P.712

Надійшла до редколегії 10.10.2011

**В.С. БАБКОВ, М.А. СЕРИК**

Донецкий национальный технический университет

**V.S. BABKOV, M.A. SERIK**

Donetsk National Technical University

**Методы визуализации данных сложной структуры на основе древовидных карт**

В работе рассматриваются методы визуализации данных сложной структуры (в частности геоинформационных) на основе древовидных карт. Приведен анализ существующих методов, характеристик их эффективности и предложена модификация методов, направленная на улучшение среднего коэффициента отношения сторон блоков карты. Описаны результаты экспериментальной проверки предложенного метода.

**Карта, визуализация, площадь, оптимизация, сортировка**

**Methods of data Visualization of Complex Structures Based on Tree Maps**

Methods of complex structures data visualization (in particular GIS) based on tree maps are discussed. Existing methods and their characteristics effectiveness are analyzed, modifications of methods aimed at improving the parties block relationship average coefficient are suggested. The results of proposed method experimental verification are described.

**Map, visualization, square, optimization, sort**