

## БАГАТОВИМІРНЕ ВПОРЯДКУВАННЯ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ КОРИСТУВАЧІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*Запропоновано багатовимірне впорядкування, яке узагальнює звичайне, лінійне, одновимірне сортування. Продемонстровано можливості поліпшення наочності та зручності інтерфейсу користувача інформаційних систем. Розглянуто методи збереження результатів багатовимірного впорядкування в початкових кодах програм.*

**Ключові слова:** адресне сортування, сортування, впорядкування, інтерфейс, ІТ, інформаційні системи, індексація, списки, Бази Даних, інформаційні системи.

Спрадавна люди впорядковували об'єкти для зручності під час їх використання. Прикладом упорядкування об'єктів майстрами різних професій є розташування сукупності інструментів на робочому столі, стіні тощо. Домогосподарки розкладають кухонне начиння в певному порядку на полицях шаф та у шухлядах. На вітринах та прилавках магазинів товари також розташовують у певному порядку для зручності покупців. Упорядковане розташування об'єктів сприяє швидкому пошуку потрібного в сукупності. Люди звикли обстежувати сукупності об'єктів та працювати з об'єктами, які розташовані в реальному, тривимірному світі. За неможливості розташування об'єктів у просторі використовується їх розташування на площині: стіні, столі, вітрині тощо. В інформаційних технологіях користувачам надається лінійне розташування інформації щодо об'єктів.

У статті запропоновано використання багатовимірного адресного впорядкування для поліпшення наочності та зручності інтерфейсу користувачів під час роботи з даними щодо довільних сукупностей об'єктів.

У галузі інформаційних технологій задачу сортування розглянуто та досліджено доволі досконало. Запропоновано та вивчено різноманітні алгоритми сортування, доведено складність задачі сортування тощо. Неможливо собі уявити програмне забезпечення, в якому не використовується сортування. Сортування в ІТ, як і впорядкування людьми об'єктів у реальному світі, використовується для прискорення пошуку певних елементів чи об'єктів та/або інформації стосовно них. Результати сортування даних зазвичай виводяться користувачам

у вигляді лінійного переліку, або списку даних про елементи сукупності. Результати запитів до пошукових систем та до автоматизованих систем обробки даних надаються користувачам саме як перелік у вигляді списку з можливістю прокрутки цього списку.

Чи зручно користувачам працювати з сукупностями об'єктів, що розташовані на одній лінії, тобто у вигляді лінійного списку? Так, це зручно. Чи є у розробників програмного забезпечення можливість подавати інформацію про об'єкти в інший, більш зручний для людини спосіб? Так, це можливо. Наприклад, можна скористатися результатами декількох адресних сортувань однієї сукупності об'єктів за різними ознаками чи характеристиками. Під **адресним сортуванням** розуміємо таке сортування даних, коли відповідно до визначеного порядку значень ознак чи характеристик **формується нова послідовність адрес даних** без змін первинного або вхідного розташування даних.

З самого початку створення універсальних електронно-обчислювальних машин програмісти реалізовували алгоритми сортування даних як на мовах низького рівня програмування, так і на мовах високого рівня програмування. У реальних задачах потрібно впорядковувати елементи/об'єкти, які є не простими елементарними даними, а такими, що складаються з певної сукупності даних про елемент. Такі складені елементи в програмуванні називають записами (англ. *record*). Сукупні дані про елементи можуть містити інформацію великого обсягу. Щоб запобігти переміщенню великих обсягів даних, використовується саме адресне сортування.

Під час сортування та будь-якого впорядкування люди переміщують об'єкти в просторі та розташовують їх у потрібному порядку. В ІТ можна обійтися без переміщення та/або заміни місцями даних про окремі елементи сукупності шляхом переміщення та/або заміни місцями лише адрес/посилань на самі дані (адресне сортування). Уперше адресне сортування було запропоновано та реалізовано на Адресній мові програмування [2] завдяки наявності в цій мові програмування розвинутих засобів адресації: непрямої адресації та адресації вищих рангів (фактично це були вказівники, або покажчики, або посилання; англ. *pointers*). Можливість працювати з адресами даних, тобто вказівниками, дозволила програмістам у текстах програм на Адресній мові програмування здійснювати не переміщення (переписування) усієї інформації про елемент, а сортування лише самих адрес елементів, тобто самих вказівників.

Адресне сортування потрібне, коли кожен запис містить супутню інформацію про елемент великого обсягу, оскільки впорядкування відбувається не в самому масиві елементів, а в масиві вказівників на елементи, що дає змогу запобігти зайвому переписуванню великих обсягів інформації.

Результати сортування використовуються в ІТ для миттєвого пошуку «найбільшого» чи «найменшого» елемента сукупності. Для цього достатньо звернутися за інформацією до першого або до останнього елемента відсортованого списку елементів. Для відсортованого масиву елементів при бінарному пошуку елемента з певним значенням витрачається  $O(\ln(n))$  часу, де  $n$  – кількість елементів.

Особливістю адресного сортування є наявність можливості сортувати елементи однієї сукупності декілька разів за різними ознаками чи характеристиками. Результати декількох сортувань однієї сукупності можна зберігати окремо та використовувати потрібне впорядкування з декількох сортувань, проведених задалегідь. З'являється чудова можливість змінювати впорядкованість за однією ознакою на впорядкованість за іншою без проведення впорядкування. У мовах програмування є декілька різних засобів, які дають змогу зберігати результати адресних сортувань сукупності елементів, наприклад: масиви індексації; двобічно зв'язані списки та зовнішні ключі в реляційних базах даних.

Під **багатовимірним впорядкуванням** будемо розуміти сортування за багатьма ознаками чи критеріями та збереження цих результатів

таким чином, що від будь-якого елемента сукупності можна швидко (миттєво, без використання пошуку та/або сортування) перейти до інформації щодо іншого елемента, який є наступним чи попереднім за однією з ознак/характеристик, за якою було здійснено сортування. Під **виміром** будемо розуміти ознаку, характеристику сукупності об'єктів, за якою було здійснено адресне сортування.

При цьому двобічно зв'язані списки та зовнішні ключі забезпечують можливість швидкого переходу до наступного чи попереднього елемента за рахунок наявності в кожного елемента відповідних адрес (**Prev** та **Next**) або відповідних зовнішніх ключів, які насправді теж є адресами.

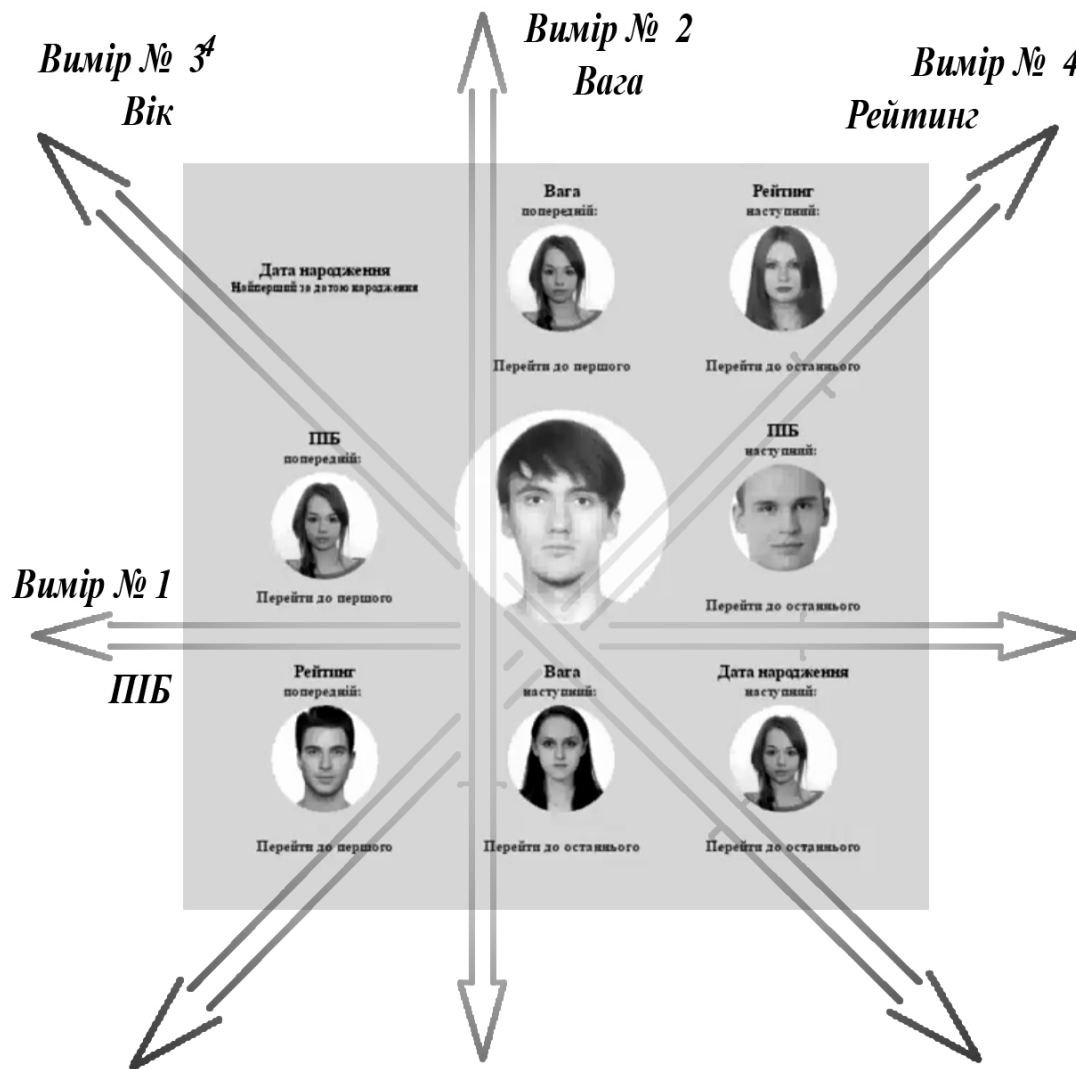
Результати багатовимірного впорядкування можна використати для надання користувачам можливості переглядати сукупності елементів не на прямій, як одновимірний список, а на площині, у дво-, тривимірному просторах та в просторі будь-якого ступеня виміру.

На рисунку наведено приклад інтерфейсу користувача з поданням даних про елементи сукупності в чотиривимірному просторі.

Вдосконалення інтерфейсу користувачів інформаційних систем можна поліпшити за рахунок надання їм можливості бачити на екранах моніторів упорядковану у дво-, три- та багатовимірному просторах інформацію про об'єкти, з якими вони працюють або серед яких здійснюють пошук потрібного об'єкта чи об'єктів. Очевидно, що можна використовувати різноманітні фільтри, як це робиться в існуючих інтерфейсах. Також можна надати можливість користувачам використовувати прокрутку (скролінг) за обраним виміром. Можливість подавати на екранах моніторів тривимірного простору дозволяє лінії виміру розташовувати не на площині екрана, а в 3D-просторі.

Слід зауважити, що результати багатовимірного впорядкування можуть використовувати не тільки користувачі, а й програми, зокрема програмне забезпечення інших систем. Упорядкування без виведення результатів користувачам назвемо внутрішнім упорядкуванням. Внутрішнє багатовимірне впорядкування можна використати для вдосконалення та розширення функціональних можливостей інформаційних систем.

На думку автора, відображення елементів сукупностей даних у багатовимірних просторах користувачам – це один із можливих та важливих шляхів поліпшення інтерфейсу користувачів інформаційних технологій.



**Рисунок.** Приклад інтерфейсу користувача з розташованими в чотиривимірному просторі даними

#### Список використаної літератури

1. Коутс Р. Интерфейс «человек – компьютер» = Man-Computer Interfaces / Р. Коутс, И. Влейминк ; [пер. с англ. Г. Н. Коноплев, П. П. Сухарев, И. А. Шукина, ред. В. Ф. Шаньгин]. – Москва : Мир, 1990. – 501 с.
2. Ющенко Е. Л. Адресное программирование / Е. Л. Ющенко. – Киев : Гос. изд-во техн. лит. УССР, 1963. – 287 с.
3. Ющенко Ю. О. Використання багатовимірного впорядкування для наочного та зручного доступу до інформації / Ю. О. Ющенко // Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики та освіти» (Київ, 25–26 листопада 2010 р.). – Київ : Вид-во Європ. ун-ту, 2010. – С. 114–115 : іл.
4. Ющенко Ю. О. Усвідомлений вплив на підсвідомість зорового сприйняття в інформаційних технологіях / Ю. Ющенко, О. Удодова // Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики та освіти» (Київ, 25–26 листопада 2010 р.). – Київ : Вид-во Європ. ун-ту, 2010. – С. 181–183.

*Yury Yuschenko*

### MULTIDIMENSIONAL ORDERING AND ITS USE FOR USER INTERFACE IMPROVEMENTS OF INFORMATION SYSTEMS

The paper proposes multidimensional ordering, which generalizes ordinary linear one-dimensional ordering (sorting). We demonstrate possibilities of improved clearness and convenience of user interface. We review methods for saving the results of multidimensional sorting in the source code.

The orderly arrangement of objects facilitates a quick search in a collection of data. People are accustomed to examining a set of objects and working with objects that are located in a real, three-dimensional world. Housewives lay out cookware in a certain order on shelves in cabinets and drawers. To make it easier for customers, in shop-windows and on store shelves the goods are also arranged in a certain order.

During Address Sorting, the data is sorted without changing its original location, and an orderly sequence of data addresses is formed. The address sorting was first proposed and implemented in the Address Programming Language (1955) due to the presence of advanced addressing methods in it: indirect addressing and addressing of higher ranks (in fact, these are pointers or links). The feature of address sorting is the ability to sort elements of one set several times according to different features or characteristics. The results of several sorts of one set can be stored separately and used from several sorts.

The paper proposes the use of multidimensional address ordering in order to allow users to view elements not in a straight line, as a one-dimensional list, but on a plane, in two-dimensional, three-dimensional, or of any other degree of measurement spaces.

By multidimensional ordering we understand sorting according to many features or criteria and preserving these results in such a way that from any aggregate item it is possible to quickly (immediately, without using search and/or sorting) access the information about the next or previous element according to one of the characteristics by which the sorting has been done.

Displaying data sets in multidimensional spaces for users is one of the possible and important ways to improve the information technology user interface.

**Keywords:** sorting, address sorting, ordering, interface, IT, information systems, indexation, linkedlists, databases.

*Матеріал надійшов 21.05.2018*