

МЕТОДИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ У РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

© Басюк Т.М., Василюк А.С., 2010

Проаналізовано основні завдання, які виникають під час візуалізації даних у розподілених системах та наведено підходи до їх вирішення.

Ключові слова: система, візуалізація, інтерактивність, методи відображення.

In article the primary goals which arise at visualization of data in the distributed systems are analysed and approaches for their decision are resulted.

Keywords: system, visualization, interactivity, methods of display.

Постановка проблеми

Стрімкий розвиток та впровадження сучасних засобів інформатизації та візуалізації в інформаційних системах вимагає від розробників комплексних досліджень, пов'язаних із всебічним вивченням та узагальненням задач як практичного, так і теоретичного характеру, що виникають при цьому. З огляду на це, однією із найпоширеніших тенденцій розв'язування вказаних задач є концепція розподілених систем, при якій передбачається опрацювання даних на кожному рівні керування за допомогою локальних обчислювальних ресурсів. Аналізуючи сутність таких ресурсів, фахівці все частіше визначають їх як професійно-орієнтовані обчислювальні системи, розташовані безпосередньо на робочих місцях фахівців і призначені для потреб моделювання та візуалізації. Сформовано основні вимоги до зазначених ресурсів: системність, гнучкість, стійкість, ефективність [1, 2]. Принцип гнучкості визначає адаптивність системи до можливих перебудов завдяки використанню модульної структури побудови та стандартизації складових елементів.

Принцип стійкості полягає у виконанні обчислювальним ресурсом основних функцій незалежно від впливу внутрішніх чи зовнішніх факторів (граничних ситуацій) та визначає швидке усунення неполадок та відновлення роботи [1, 2]. Ефективність локального обчислювального ресурсу можна розглядати як інтегральний показник рівня реалізації перелічених принципів, віднесеного до витрат із створення й експлуатації системи. Функціонування таких систем може дати вагомий ефект тільки за умови правильного розподілу функцій та навантаження між людиною й машинними засобами опрацювання інформації, ядром яких є розподілені інформаційні ресурси.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Побудова сучасних засобів візуалізації здійснюється у напрямі розроблення гнучкої структури системи, яка може змінюватись залежно від вимог, що висуваються користувачами або системними інтеграторами. Забезпечення цієї модифікації накладає певні обмеження на розробників, найголовнішим серед яких є неможливість часткової перебудови системи відповідно до нових вимог. Ця задача є вкрай важливою, оскільки її розв'язання дасть змогу скоротити процес як розроблення, так і модифікації систем цього класу.

За усієї актуальності задачі сьогодні накопичений порівняно невеликий досвід її розв'язання, який визначається передусім порівняно новим напрямом досліджень. У роботах [3, 4, 5] описуються підходи до розв'язання описаних задач, проте, за всієї різноманітності, у жодному з наведених досліджень авторами не було проаналізовано та описано основні задачі, що виникають при візуалізації даних у розподілених системах.

Формулювання цілей статті

Як відомо, при проектуванні будь-яких систем візуалізації необхідною умовою їх функціонування є забезпечення інтерактивності [5, 6]. При візуалізації даних за допомогою розподілених обчислень проблема полягає в тому, що початкові дані, які необхідно візуалізувати, віддалені від

графічної станції, тобто застосування стандартних методів взаємодії є недостатнім для одержання повноцінної системи візуалізації.

Традиційно візуалізація застосовується лише на останньому етапі обчислювального експерименту, як допоміжний інструмент, що дає змогу прискорити процес прийняття рішень під час оцінювання результатів обчислювального експерименту. Такий підхід до аналізу одержав назву off-line візуалізації, суть якої полягає у тому, що після завершення роботи програми відбувається запис результатів обчислень на віддаленому комп'ютері в деякий буфер (наприклад, файл), звідки їх завантажує графічна система. Цей вид візуалізації є одним із кроків у послідовності запуску програми й подальшого аналізу результатів. Зазначені дії у розподілених системах виконуються послідовно, що накладає деякі обмеження на застосування такого підходу при аналізі й представленні результатів. Тому важливим завданням є аналіз наявних підходів та акцентування уваги на основних задачах, розв'язання яких дасть змогу окреслити тенденції проектування систем візуалізації.

Основні результати досліджень

З огляду на поставлені цілі у виконаному дослідженні було виявлено та проаналізовано основні типи задач, які виникають при візуалізації цифрових даних. До них можна зарахувати: значний об'єм вхідних даних, отримання інформації про поточний стан обчислень та вплив на роботу віддаленого ресурсу.

Значний об'єм вхідних даних. З підвищенням обчислювальної складності значно зростають отримувані результати обчислень. Особливо гостро ця задача постає при застосуванні інтерактивності, а також ефективніших механізмів взаємодії. У результаті обчислень виникають дані, обсяг яких вимірюється терабайтами. Такі дані неможливо не тільки візуалізувати, але й передати на робочу станцію в повному обсязі або за прийнятний час. Отже, виникає завдання скорочення інформації, що передається, та застосування алгоритмів та методів стискування отриманих даних або їх фільтрації безпосередньо в локальному обчислювальному ресурсі. Розв'язання цієї задачі вимагає застосування високопродуктивних апаратних засобів [3], до яких ставлять такі вимоги:

- забезпечення достатнього обсягу пам'яті;
- керування механізмом розподілу даних;
- вибір ефективного методу роботи;
- застосування зручного й ефективного графічного інтерфейсу.

Забезпечення вказаних вимог повинно сприяти одержанню необхідного рішення за прийнятний час. Проте основною задачею візуалізації даних великого обсягу є скорочення їх розміру, що сприятиме збільшенню продуктивності подальшої візуалізації. В іноземних джерелах [4, 7] представлено декілька підходів до розв'язання цієї задачі, проте в них, переважно, розглядаються питання, пов'язані з генерацією растрового зображення та подальшого його пересилання. Такий підхід часто дуже неефективний і сприяє тільки збільшенню обсягу інформації, що передається. Іншим можливим способом є паралельне фільтрування даних з подальшим їх пересиланням та візуалізацією. Ця технологія зазвичай використовується у візуальних середовищах проектування.

Іншою важливою тенденцією, яка сприяє зменшенню обсягу даних, що піддаються візуалізації, є роботи з розпаралелювання (ray tracing-a, ray casting-a), стиснення й опрацювання відеоінформації, націлені на отримання фотореалістичного зображення [8]. Проте зазначені роботи через застосовувані методи не можна використати для розв'язання поставленої задачі, їх застосування можливе в галузі кінематографії, наприклад, для анімації персонажів.

Отримання інформації про поточний стан обчислень та вплив на роботу віддаленого ресурсу. Ця задача виникає у результаті вирішення великого, за масштабом розрахунків, завдання, оцінка результатів виконання якого можлива лише після повного закінчення циклу обчислень. Особливо гостро зазначена задача постає у разі неправильних початкових даних чи помилок в алгоритмі опрацювання, що призводить до повторного запуску програми та ще більшої витрати часу. Для розв'язання цієї задачі необхідною умовою є отримання попередніх результатів обчислень, їх візуалізація та корекція роботи системи у відповідному сегменті. Зазначена дія дасть змогу оцінити правильність роботи програми й скорегувати послідовність дій у ході обчислень або, в найгіршому разі, зупинити роботу для виправлення алгоритму програми. Іншим аспектом візуалізації проміжних результатів є недостатність отримуваних даних для остаточних висновків.

Отже, завданням користувача та системи є визначення такої межі, за якої отримані результати могли дати попередній прогноз і водночас не вимагали “занадто довгих” розрахунків.

Важливим елементом будь-якої візуалізації повинен бути повноцінний процес інтерактивності, тобто реалізації обміну повідомленнями в обидва боки: як з боку введення даних, так і при одержанні результатів з наданням зручного інтерфейсу (рис. 1).

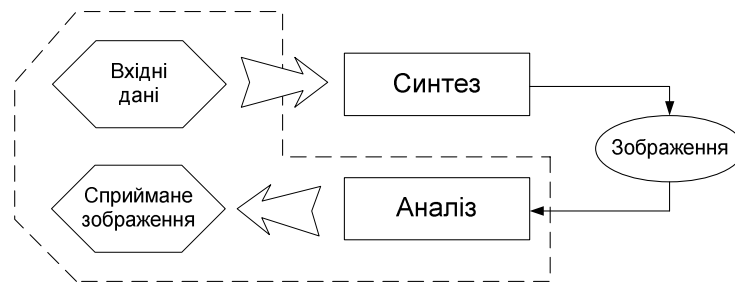


Рис. 1. Інтерактивна взаємодія під час візуалізації даних

Використання терміна “інтерактивна” підкреслює те, що при здійсненні візуалізації даних надається можливість впливу на її роботу. Така потреба виникає для розв’язання множини задач проектування систем [5] чи інтерполяційних наближень, причому їх особливістю є те, що для повного аналізу обчислювального експерименту й визначення правильності роботи програми необхідно візуалізувати не тільки кінцеві результати програми, але й деякі проміжні дані. Відомо, що в процесі проектування виникає множина проміжних даних, які необхідні при обчисленнях, однак неістотні в кінцевому аналізі результатів. При застосуванні в процесі обчислень інтерактивності користувач може визначати, які дані йому необхідні, а також спосіб їх подання, інакше кажучи, визначати, як ці дані будуть візуалізовані: у вигляді тексту, у графічному представленні або, у разі їх проміжності, вилучити із загального обсягу візуалізованої інформації.

Іншою схемою реалізації поняття інтерактивності може бути використання паралельних візуальних технологій на робочій станції. Застосування такого рішення приведе до спрощення процесу налагодження програми, оскільки дасть можливість одержувати відомості про стан ресурсу не тільки після закінчення обчислень, але й у процесі роботи й тим самим дасть змогу системному інтегратору здійснювати контроль над додатком, що працює. Іншою перевагою використання такого підходу є можливість аналізу результатів обчислювального експерименту до закінчення повного рахунку лише за частиною отриманих даних. Застосування паралельних візуальних технологій дає змогу безпосередньо змінити параметри обчислень або зупинити програму, якщо користувач побачить, що результат не відповідає очікуваному.

До задач, що виникають за цього типу візуалізації, можна зарахувати й організацію спільної роботи, що дає змогу багатьом користувачам взаємодіяти один з одним і з об’єктами в розподіленому інформаційному середовищі. Виділяють такі три підходи: поділ за засобами відображення, коли виконується один додаток, а інтерфейс доступний для декількох користувачів; поділ за даними, коли дані розподіляються серед групи користувачів залежно від їх потреб; повна співпраця, під час якої учасники визначають правила спільної роботи.

Ефективність розроблення систем візуалізації

На сучасному етапі впровадження інформаційних технологій розроблення системи візуалізації повинно здійснюватись із використанням механізмів складного інфраструктурного програмування [1, 2]. Необхідною умовою є застосування передових технологій програмування як для прискорення розроблення створюваної системи, так і для підвищення якості сервісів, що надаються користувачу. Одним із можливих вирішень цих завдань є використання технології агентів або передпроцесорної обробки результатів, наприклад, застосування OpenMP директив [3].

OpenMP (Open Multi-Processing) – це набір директив компілятора, бібліотечних процедур та змінних середовища, які призначені для програмування багатопоточних додатків для мультипроцесорних систем мовами C, C++ та Fortran. Розроблення специфікації OpenMP здійснює декілька виробників обчислювальної техніки й програмного забезпечення, чия робота регулюється некомер-

ційною організацією OpenMP. Ця технологія реалізує паралельні обчислення за допомогою багато-поточності, у якій “головний” (master) потік створює набір підлеглих (slave) потоків, між якими й розподіляється завдання. При цьому потоки виконуються паралельно, використовуючи тим самим особливості багатопроцесорних чи розподілених систем. Кількість створюваних потоків регулюється як самою програмою – за допомогою виклику бібліотечних процедур, так і ззовні – за допомогою змінних середовища. Особливістю цієї технології є те, що OpenMP-програма на однопроцесорній платформі може використовуватись як послідовна програма, тобто немає необхідності підтримувати послідовну та паралельну версії, а відповідні директиви ігноруються компілятором.

Крім наведених директив, іншим вирішенням все вищої складності обчислювальних задач є автономні обчислення. Особливістю цих обчислень є те, що вони працюють із обчислювальними системами, які мають здатність до самопізнання й самоврядування. Зазначені системи характеризуються одним або декількома атрибутами:

- *самоконфігурування* – система може поєднувати нові й наявні компоненти без втручання адміністратора;
- *самооптимізація* – система володіє здатністю самостійної зміни конфігурації та вибору оптимальної;
- *самовідновлення* – система може відслідковувати помилки й здійснювати процедуру відновлення після неправильних програмних директив;
- *самозахист* – система може відслідковувати спроби злому й здійснювати упереджувальні дії.

Адаптувавши модель розгортання, запропоновану фірмою IBM [7] для поступового розвитку розподілених інформаційних середовищ, можна виділити п'ять рівнів, які визначають модель представлення обчислень у візуальній формі (рис. 2).

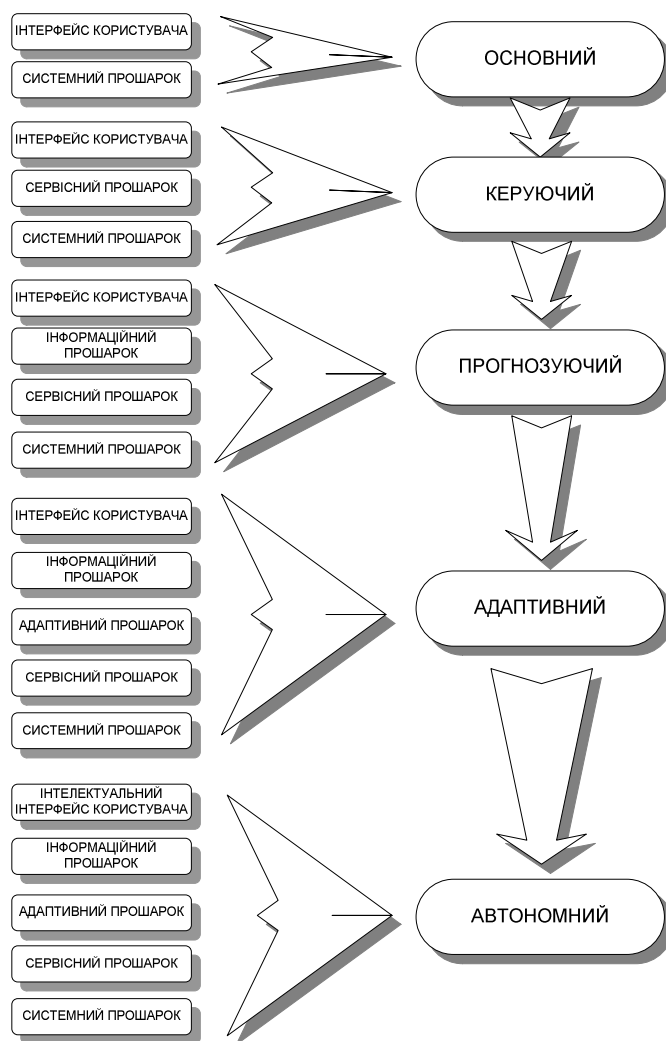


Рис. 2. Рівні розвитку візуальних засобів

Ця методологія складається з п'яти основних рівнів: основного, керуючого, прогнозного, адаптивного та автономного.

Рівень 1 (основний). На цьому рівні інфраструктура візуальних обчислень є інтегрованою системною платформою, що забезпечує візуальні додатки необхідними обчисленнями й обчислювальними ресурсами. Зазвичай роль системного інтегратора полягає у визначенні необхідних інструментів, початковій ініціалізації обчислювальних ресурсів та керування розподілом даних. Інколи йому надаються засоби керування для прийняття технічних рішень, таких як: безпека даних, застосування паралельних обчислень, авторизація тощо.

Рівень 2 (керуючий). Особливістю цього рівня є наявність в інфраструктурі системи керованих сервісів, що забезпечують зв'язок між інтерфейсом користувача й системною платформою. Згадана система сервісів містить інформацію щодо наявності даних і ресурсів та призначена для обслуговування візуальних додатків відповідно до динамічних потреб користувачів. Ефективне керування додатками забезпечується підтриманням сучасних сервісних функцій (інтерактивних, розподілених, мобільних) для здійснення задач візуалізації.

Рівень 3 (Прогнозний). Ознакою цього рівня є наявність інформаційного прошарку між інтерфейсом користувача й сервісним забезпеченням, метою якого є збирання, відслідковування й виправлення даних взаємодії користувача й системного виконання. Прогнозний рівень забезпечує користувачів аналітичними даними, які можуть показати якість результатів візуалізації й ефективність візуальних інструментів. Крім того, застосування інформаційного прошарку дає змогу здійснити швидшу й кращу специфікацію завдання, відображаючи можливі задачі й рекомендуючи необхідні інструменти й візуальне подання.

Рівень 4 (адаптивний). На цьому рівні спроектована інфраструктура містить адаптивний прошарок, особливістю якого є те, що, ґрунтуючись на зібраній інформації, спроектована система здійснює процедури самоконфігурування, самооптимізації й самовідновлення.

Рівень 5 (автономний). Ознакою цього рівня є заміна звичного інтерфейсу користувача на інтелектуальний. Наприклад, “візуальний майстер” допускає перетворення інформації на знання й забезпечує користувача розширеною довідкою. Він може охоплювати специфікацію завдань візуалізації, планування взаємозалежних робіт, організацію неопрацьованих даних та результатів візуалізації, керування безпекою, перевірку якості обслуговування й результатів, організацію розподілу даних між користувачами.

Порівняльний аналіз методів візуалізації

У зв'язку зі зростанням складності початкових (вхідних) даних та із можливістю забезпечення інтерактивного процесу візуалізації виникає необхідність використання відповідних спеціалізованих методів, які би здійснювали візуалізацію даних (проміжних чи кінцевих) із одночасним розв'язанням описаних задач. Однак перед створенням чи використанням того чи іншого методу візуалізації необхідно виконати їх аналіз, класифікацію та порівняння. Аналіз та класифікація цих методів є вкрай важливою і водночас трудомісткою задачею, оскільки різні галузі людської діяльності використовують окремі прийоми, що характерні саме для них. Для класифікації цих методів необхідно сформулювати критерії оцінювання, за якими можна відібрати оптимальні методи візуалізації для розв'язання поточної задачі. Пропонуються такі критерії [6].

Простір відображення. Залежно від визначеного методу зображення може бути дво- або тривимірним. При двовимірному просторі процес візуалізації відзначається простотою використання і реалізації як у програмному, так і на апаратному рівні. Площинного подання достатньо для відображення різноманітних графіків, діаграм, гістограм, принципових схем тощо. Щодо тривимірного простору, то тут візуалізація розвивається паралельно з суміжними розділами машинної графіки – геометричним моделюванням, анімацією й віртуальною реальністю. З погляду сприйняття та оцінювання вдалішим є застосування тривимірних зображень. Отже, при подальшому аналізі будемо відкидати методи, що стосуються візуалізації на площині.

Поведінка в часі. Цей критерій визначає “спосіб поведінки” відтвореного рисунка. Якщо зображення змінюється в часі, то метод, за допомогою якого воно змодельоване, належить до динамічних, і навпаки, коли зображення не змінюється, – до статичних. У техніці для опису об'єктів використовуються як статичні, так динамічні зображення. Статичні відображають схеми процесів, а

динамічні застосовуються для опису залежностей в часі, наприклад, зміни оптичної щільності під час друку поліграфічної продукції. Зображення, які зазвичай візуалізуються в технічних системах є динамічними, а тому при подальшому дослідженні братимемо до уваги лише методи, які використовуються для формування таких зображень.

Обхід перепон визначає, чи цей метод візуалізації під час створення елементів зображення враховує можливе їх накладання один на одного і як це накладання усувається. Адже у такому випадку один елемент є певною перепорою для іншого. Очевидно, що зображення, в яких усунуто всі перепони, мають вищу наочність.

Спосіб формування зображення визначає тип створеного зображення. Якщо зображення формується за допомогою прямих відрізків чи сплайнів, то воно є векторним, а коли з множини пікселів, то растровим. Змішаний тип зображення виникає у разі поєднання двох попередніх. З огляду на складність растровання графічних примітивів та їх подальше редагування, для формування штрихових рисунків (діаграм, залежностей, графів) доцільно вибрати векторні методи створення зображень.

Сітковість рисування – вказує на те, що лінії можуть бути нарисовані лише під певним кутом. Відсутність сітковості дає змогу забезпечити прийнятний вигляд і хороше зорове сприйняття рисунка.

З огляду на запропоновані критерії наведемо класифікацію методів візуалізації (див. таблицю) та здійснимо короткий аналіз на предмет їх застосування для розв'язання поставлених задач. У медицині, приміром, найпоширеніші методи візуалізації внутрішніх структур людини на основі даних ендокринологічних, кардіологічних й томографічних досліджень. Усі вони тією чи іншою мірою ґрунтуються на отриманні числових результатів діагностики та моделюванні виявлених патологій досліджуваних органів у тривимірному просторі. Зображення створюються, переважно, під впливом різного роду хвиль, які діють на організм як сукупність біологічних підсистем. Тут присутні такі ефекти, як сегментація, інтерпретація та рендеринг, що необхідні для відображення у 3D-просторі у режимі реального часу. Проте ефективних методів, які би забезпечували моделювання та візуалізацію результуючого зображення за збереженими чи переданими через канали зв'язку числовими результатами діагностики, нині нема.

Класифікація методів візуалізації

Назва галузі	Методи	Критерії										
		Простір відображення		Поведінка в часі		Обхід перепон		Спосіб формування зображення			Сітковість рисування	
		2D	3D	Статичні	Динамічні	Так	Ні	Векторні	Растрові	Змішані	Ні	Так
Медицина	Томографії	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
Семантика	Семантичної мережі	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+
Екологія	Побудови ізоліній	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-
	Стрілкових діаграм	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-
	Текстурні	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
Повітроплавання	Зафарбовуваних струмків	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
	Трасуючих часток	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
	Каолінового покриття	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
Анімація	Лінійних кадрів	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
	Сплайнових кадрів	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-
Сейсмологія	Ехолокації	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
	Голографії	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
Машинна графіка	Каркасні	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-
	Трасування променів	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
Електроніка	Хвильові	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
	Ортогональні	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
	Евристичні	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+

У семантиці для візуалізації мережі використовуються методи 2D-графіки. Тут об'єкти зображаються певними фігурами, а зв'язки між ними — у виді ламаних ліній. Кожна фігура містить певну інформацію-мітку про елемент, до якого належить. Над ними можна здійснювати ряд операцій: змінювати взаємне розташування, додавати та видаляти об'єкти, виконувати фільтрацію зв'язків. Однак цим методам не властиві такі ознаки, як заборона перетинання площини вершини, трасування з'єднань, перевірка можливості проведення іншого шляху для з'єднання двох фігур.

Стосовно методів візуалізації, які використовують для відображення моделей водних середовищ у природних системах, то більшість їх призначена для створення векторних полів і течій. Тобто за допомогою методів побудови ліній і стрілкових діаграм здійснюється двовимірне відображення течій водних структур. У цій галузі застосовуються текстурні методи, які призначені для візуалізації тривимірних векторних полів при відображенні швидкості течій та особливостей поведінки повітряних мас. Однак у згаданих методах відсутній механізм моделювання створеного зображення досліджуваного процесу за отриманими числовими розрахунками, що є непридатними для наших цілей.

Використовуються методи візуалізації і в повітроплаванні (аеродинаміці). Тут візуалізуються повітряні потоки, які “обдувають” те чи інше фізичне тіло, розміщене вище від лінії обрису. Ці методи візуалізації, як і методи, що використовуються для відображення течій у водних середовищах, призначені, головню, для візуалізації повітряної течії. З огляду на цю особливість зазначені методи, як і методи, застосовувані в анімації, можуть бути частково використані для створення засобів візуалізації.

Зовсім інша група методів візуалізації застосовується під час дослідження земної кори. Суть їх полягає в тому, що при використанні голографічних методів можна отримати картину внутрішньої структури земної поверхні, а це, своєю чергою, є важливим для аналізу покладів корисних копалин. Проте методи, які застосовують у цій галузі, є надзвичайно громіздкими (обчислювально складними) навіть для сучасних обчислювальних платформ. В електроніці візуалізація складається з двох етапів: розташування елементів на площині та проведення зв'язків між ними.

Початковими умовами на етапі розташування є: множина елементів E , розмір і конфігурація комутаційного простору, а також граф з'єднань елементів G . Для розв'язання цієї задачі знаходять позицію кожного елемента з урахуванням конструктивних і технологічних обмежень, що забезпечує проведення всіх з'єднань. Відомі такі алгоритми розташування: градієнтні, побудови динамічних моделей, випадкового пошуку, призначення та евристичні.

Задача розташування елементів цими алгоритмами розв'язується в два етапи. На першому визначаються координати розташування центрів елементів, за яких цільова функція набуває екстремальних значень, на другому — отримані координати заокруглюються до фіксованого цілочислового значення координатної сітки.

Особливістю градієнтних алгоритмів є таке розташування, за якого забезпечується мінімізація сумарної довжини з'єднань. Ця група алгоритмів використовується у разі невеликої кількості елементів (менше від тридцяти) та задачі мінімізації зв'язків. За значної кількості елементів розв'язання задачі відбудеться зі значною нерівномірністю розташування. Така ситуація виникне у зв'язку з випадковим розташуванням елементів, між якими проводяться зв'язки за найкоротшим шляхом, незважаючи на перетинання. Наступним етапом роботи цього алгоритму є визначення довжини утворених зв'язків. Якщо вона менша, ніж визначена попередньо, то запам'ятовується нове розташування вершин, якщо ні, то знову здійснюється розташування елементів у довільний спосіб і повторюється процедура підрахунку довжин зв'язків.

Щодо алгоритмів побудови динамічних моделей, то в них елементи подають у вигляді матеріальних точок, на які діють сили притягання та відштовхування. Величина цих сил визначається кількістю зв'язків: чим їх більше, тим сильнішою є сила притягання і тим ближче вони розташовуються. Результатом розв'язання задачі буде таке розташування елементів, за якого рівнодіюча всіх сил урівноважується. Недоліком цих алгоритмів, як і градієнтних, є велика нерівномірність розташування елементів при їх значній кількості. В алгоритмах випадкового пошуку розташування відбувається на основі критерію зв'язаності. Частковим варіантом застосування цього алгоритму є використання як критерію зв'язаності кількості зв'язків, хоча у такому разі не буде передбачено варіанта утворення еквівалентних зображень.

Алгоритми призначення зводяться до встановлення певних елементів у визначені позиції з метою забезпечення одного з критеріїв: мінімальної суми довжин зв'язків, завадостійкості тощо. Недоліком цієї групи алгоритмів є нерівномірність розташування елементів при їх значній кількості. Евристичні алгоритми ґрунтуються на застосуванні знань, накопичуваних системою в процесі її функціонування, а також знань, що закладені в ній апіорно. Використання цих алгоритмів для розв'язання задач значно ефективніше порівняно з алгоритмами повного перебору можливих варіантів. Однак ці розв'язки не є, як правило, найкращими, а лише належать до множини допустимих варіантів. Застосування евристичних алгоритмів не завжди забезпечує досягнення поставленої мети, тому їх використовують вкрай обмежено і лише у системах, які самонавчаються. Після етапу розташування здійснюється проведення зв'язків між елементами системи. На цьому етапі відбувається процес трасування (моделювання) відповідних з'єднань на можливість їх проведення. Алгоритми трасування можна розділити на хвильові та ортогональні.

Хвильові алгоритми трасування побудовані на ідеї Лі і мають різні модифікації. Вони дають змогу враховувати технологічну специфіку друкованого монтажу із сукупністю конструктивних обмежень. Зазначені алгоритми забезпечують побудову траси з'єднання скануванням всього поля конструктивно. Ортогональні алгоритми характеризуються значною швидкістю та вимагають в 75–100 разів менше обчислень порівняно з хвильовими. Їх застосовують під час проектування друкованих плат з наскрізними металізованими отворами. Недоліки цієї групи пов'язані з одержанням великої кількості переходів із шару на шар, відсутністю стовідсоткової впевненості в проведенні зв'язків між вершинами топології та значною кількістю паралельних зв'язків.

Як можна зауважити з виконаного аналізу та класифікації (табл. 1), відомі методи та алгоритми візуалізації не повною мірою підходять для їх. Тому виникає потреба у створенні нових методів і відповідних алгоритмів, що надасть необхідний апарат для створення засобів візуалізації із дотриманням критеріїв інтерактивності.

Висновок

Окреслено основні задачі, які виникають при візуалізації даних у розподілених системах. Здійснено аналіз та запропоновано підходи, застосування яких дасть змогу спроектувати засоби візуалізації результатів, як проміжних, так і кінцевих. Завдяки оригінальній структурі запропоновані підходи дають змогу реалізувати широкі функціональні можливості для створення спеціальних інтегрованих систем візуалізації та математичного моделювання для розподілених інформаційних систем.

1. Басюк Т.М. Структура прикладної програми візуалізації даних / Т.М. Басюк // Тези доповідей шостої науково-практичної конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2008)”. – 2008. – С. 25–26. 2. Басюк Т.М. Основні підходи до побудови програмних засобів візуалізації даних / Т.М. Басюк // Інформаційні системи та мережі. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”. – 2008. – № 631. – С. 3–10. 3. Романовский А.Е. Отладка и оптимизация многопоточных OpenMP-программ / А.Е. Романовский // Параллельное программирование. – 2007. – № 12. – С. 25–36. 4. Heermann P.D. Production visualisation one teraFLOPS machine / P.D. Heermann // Proc. of the 17th Annual IEEE Conf. on Visualization (VIS-07). – Oct. 18–23, 2007. – P. 459–482. 5. Авербух В.Л. Разработка средств визуализации программного обеспечения в распределительных системах / В.Л. Авербух, А.Ю. Байдалин // Вopr. атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование. – 2005. – Вып. 4. – С. 68–80. 6. Басюк Т.М. Алгоритмічне забезпечення процесу візуалізації даних / Т.М. Басюк // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харків. – 2009. – № 2/2(38). – С. 6–9. 7. Manakov D. Visualization of the distributed data of huge volume / D. Manakov, A. Mukhachev, A. Shinkevich // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2005. – № 3. – P. 370–380. 8. Molnar S. A sorting classification of parallel rendering / S. Molnar, M. Cox, D. Ellsworth, H. Fuchs H // Computer Graphics and Applications. – 2003. – № 4. – P. 23–32.