

УДК 004.05

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/73-2-13>**Юлія ЗОЗУЛЯ,***orcid.org/0009-0008-4075-0267*

аспірант кафедри дизайну і технологій

Київського національного університету культури і мистецтв

(Київ, Україна) *julja.sotnikova@gmail.com*

ІНТЕРАКТИВНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ЯК НАЙВАЖЛИВІША ЧАСТИНА ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ

З наявністю великої кількості методів візуалізації розуміння того яку техніку та коли слід використати, щоб передати максимально можливе розуміння може стати трудною задачею. Основна мета візуального представлення полягає в тому, щоб максимально легко інтерпретувати ту інформацію, з якою матиме справу користувач цифрового ресурсу. Для різних ситуацій використовуються різні доступні методи візуалізації, які передають різний рівень розуміння. Інтерактивна візуалізація даних стосується використання сучасного програмного забезпечення для аналізу даних, яке дозволяє користувачам безпосередньо маніпулювати та досліджувати графічні представлення даних. Візуалізація даних використовує візуальні засоби, щоб допомогти аналітикам ефективно та за найкоротший проміжок часу зрозуміти важливість даних. Програмне забезпечення для інтерактивної візуалізації даних удосконалює цю концепцію, об'єднуючи інструменти взаємодії, які полегшують зміну параметрів візуалізації даних, дозволяючи користувачеві бачити більше деталей, створювати нові ідеї, генерувати переконливі запитання та фіксувати повну цінність даних. Рішення про найкращу інтерактивну візуалізацію даних для проекту залежить від кінцевої мети та наявних даних. У цьому документі розглядається багато визначень та аспектів візуалізації, та яким чином вона відбувається, тобто різні етапи процесу візуалізації, проблеми, які виникають під час візуалізації, категоризація методів візуалізації на основі чіткої точки зору, типово відомі загальні методи візуалізації інформації, основні інтерактивні методи візуалізації, їх переваги та недоліки, процес інтерактивності та сфера застосування візуалізації певною мірою в різних сферах розробки програмного забезпечення.

Ключові слова: візуалізація, дані, інформація, інтерактивність, техніка, інструмент.

Yuliia ZOZULIA,*orcid.org/0009-0009-5448-4315*

Graduate student at the Department of Design and Technologies

Kyiv National University of Culture and Arts

(Kyiv, Ukraine) *knukim2021@ukr.net*

SOFTWARE DATA INTERACTIVE VISUALIZATION AS THE MOST IMPORTANT PART OF DEVELOPMENT PROCESS

In the realm of data visualization, the abundance of available techniques can pose a challenge in determining the most appropriate method for conveying optimal understanding at any given time. The fundamental purpose of visual representation is to streamline the interpretation of information, making it as accessible as possible for users. Various visualization techniques cater to different scenarios, each offering a varying level of comprehension. Interactive data visualization involves the use of modern data analysis software, empowering users to manipulate and explore graphical data representations directly. The aim of data visualization is to aid analysts in comprehending the significance of data efficiently and effectively using visual aids. Interactive data visualization software takes this concept further by integrating tools for user interaction. These tools facilitate the adjustment of data visualization parameters, allowing users to delve into more details, derive new insights, pose compelling questions, and fully capture the value inherent in the data. Selecting the most suitable interactive data visualization for a project hinges on the project's end goals and the nature of the available data. This document aims to compile various visualization techniques along with brief introductions. It covers multiple aspects of visualization, including definitions, steps in the visualization process, challenges encountered, categorization of techniques based on distinct perspectives, commonly known data and information visualization techniques, fundamental interactive methods with their pros and cons, the interactivity process, and the scope of visualization within different realms of software development.

Key words: visualization, data, information, interactivity, technique, tool.

Вступ та постановка проблеми. Візуалізація даних пропонує художній і логічний спосіб доне- сти інформацію з великим вмістом чисел та іншу інформацію до відвідувачів веб-сайту. Ці графічні

представлення покращують розуміння, пропонуючи чіткий спосіб взяти дані та зрозуміти їх релевантність.

У сучасному світі інтерактивність піднімає цей вміст до рівня, який обіцяє залучити аудиторію, дозволяючи їм аналізувати дані в самій візуалізації.

Сучасне суспільство налаштоване таким чином, що використання даних та інформації зростає. Інституції та установи, з одного боку, мають тенденцію залишати дані відкритими. У той же час виникають дисципліни, пов'язані з доступом до даних і керуванням ними, такі як датологія, глибинний аналіз даних, великі дані або глибоке навчання. У цьому контексті управління та розповсюдження даних є основними елементами генерації знань і в сучасному науковому контексті. У зв'язку з цим величезна кількість даних, якими керують інформаційні системи, вимагає розробки теоретичних моделей, які сприятимуть розумінню необхідності оптимізації збору даних, а також створення інструментів для управління та представлення цих даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Діячі сфери інформаційних технологій впродовж декількох років займаються питанням покращення візуалізації даних у веб-ресурсах та програмних застосунках, задля підвищення її інтерактивності. Лукою Чіттаро з Університету Удіне, Італія (Chittaro, 2006) було розроблено перелік із шести різних етапів створення інтерактивної візуалізації даних, тобто відображення, відбір, презентація, інтерактивність, зручність використання та оцінка, де визначено основні види діяльності, пов'язані з візуалізацією, щоб створити точний дизайн без помилок.

Кетрін Плезант (Plaisant, 2004) було запропоновано перелік проблем, з якими стикається оцінка візуалізації.

У перспективі проблем із візуалізацією даних Чаомей Чен представив документ під назвою «Топ-10 невирішених проблем візуалізації інформації» (Chen, 2005).

Крім того, варто зазначити наступні роботи: Мухаммад Р., Фаузі М., Санім С., Гінінг Р., Джамалуддін М. (Muhammad et al., 2019), Чжиган Л., Яньян Ж. (Li & Zhang, 2017), Херда, Р., Макнабб Р. (Herda & McNabb, 2022), Саут Е., Роджерс М. (South & Rodgers, 2023), Лі К., Лю К. (Li & Liu, 2016), Ортега Б., Хасперуе Ст, Пелуффо-Ордо-ньес Д., Імбакіньо Д. (Ortega, Hasperués, Peluffo-Ordóñez, & Imbaquingo, 2023), Канг С., Нам Д. (Kang & Nam, 2012), Хобер О. (Hoeber, 2018), Морган Р., Гроссманн Р., Шрефель М., Стамптнер М., Пейн Т. (Morgan et al., 2018), Масуд Ш.,

Адіба Х., Хосейн Т., Саха А., Рахман Р. (Masud, Adiba, Hossain, Saha, & Rahman, 2023) та інші. Втім, беручи до уваги вище зазначену наукову документацію, питання, пов'язане з розробкою програмних застосунків та веб-ресурсів з оглядом на їх візуалізаційну інтерактивність, все ще залишається недостатньо дослідженим та потребує подальшого опрацювання.

Постановка завдання. У даному документі піднімається питання, пов'язані з важливістю інтерактивності візуалізації даних, аналізуючи елементи, які можуть становити процес генерування та представлення даних.

Викладення основного матеріалу дослідження. Інформаційно-комунікаційні технології разом із підвищенням рівня взаємодії через ускладнення технологій дозволили би розробити моделі для представлення інформації. З одного боку, є відкриті дані, які надають інституції, значна частина яких потребує певної обробки, щоб знайти моделі інтерпретації та представлення. Оскільки дані є відкритими, необхідно пам'ятати про різні технологічні можливості, які дозволяють обробляти їх. У цьому контексті також можна знайти такі терміни, як відкритий доступ, який стосується розповсюдження та оприлюднення даних або освітніх і дослідницьких ресурсів, щоб покращити науку завдяки співпраці між однолітками. З іншого боку, є величезні програми для управління та обробки даних для таких цілей представлення. Іншим важливим аспектом є засоби представлення самих даних. Вони залежать від технологічних умов і культурних уявлень, за допомогою яких ті самі дані можуть бути представлені кількома способами та через абсолютно різні процеси взаємодії.

Одне із запитань, які виникають у процесі оповідання, стосується способу, яким необхідно представити залучені дані, і які механізми необхідно використовувати, щоб зробити їх інтерактивними. Іншими словами, незалежно від того, чи є дані інформацією суто суб'єктивного характеру, спосіб, яким бажано їх підрахувати, залежить від історії, яку необхідно побудувати навколо них, яка, у свою чергу, залежатиме від пов'язаних факторів, таких як досвід користувача або дизайн взаємодії. У цьому відношенні знаходиться фактор досвіду, у контексті якого користувач сприйматиме наявний набір даних. Те, як цей користувальницький досвід інтегрований або як взаємодія розроблена в контексті, застосованому до елементів, які були пов'язані з використанням цієї технології, породжує різні проблеми, які пов'язані, по-перше з механізмами презентації даних, з якими взаємо-

діятиме користувач, по-друге з механізмами взаємодії с інформацією задля більш плавного та повного доступу до неї.

Процес візуалізації треба починати з відображення – це є першим кроком. Відображення даних вирішує питання того, як візуалізувати інформацію або як закодувати інформацію у візуальну форму. При відображенні дані або інформація перетворюються в графічну форму за умови використання візуальних функцій. Гарне відображення дає точне візуальне представлення, і його можна досягти, коли існує точний зв'язок між об'єктами даних і візуальними об'єктами, які потрібно описати.

Другий крок процесу візуалізації – відбір даних. Відбувається відбір даних серед тих даних, які доступні відповідно до даного завдання чи роботи. Відбір даних безпосередньо залежить від мети відобразити дані через візуальну графіку або графічне представлення. Це завдання в процесі є найважливішим, оскільки відбір неправильних даних спонукає користувача приймати неправильні рішення та зазнавати втрат (фінансових, часових тощо), а отже слід уникати включення непотрібних даних.

Третя фаза процесу – презентація. У візуалізації презентація в перспективі означає, як ефективно керувати, організовувати інформацію в доступному просторі на екрані. Після інтуїтивного відображення, чіткого та точного відбору елементів даних дуже важливо представити їх у більш змістовній та зрозумілій формі.

Четвертий крок процесу візуалізації – інтерактивність. Інтерактивність означає, які надані засоби для організації, дослідження та зміни візуалізації. Зручна для користувача інтерактивність дозволяє користувачеві краще досліджувати, розуміти та інтерпретувати дані, що покращують його можливості дослідження.

Людський фактор є п'ятою ознакою візуалізації, яку слід враховувати. Людський фактор включає дві великі категорії: фактори зручності використання та доступності. Візуалізація має бути простою у використанні для кінцевого користувача, а також представляти можливості використання людям із особливими потребами. Знання візуального сприйняття та когнітивних аспектів дуже полегшують розробку ефективної візуалізації (Ware, 2006).

Після створення придатного для використання інтерфейсу візуалізації останнім кроком є оцінка створеної візуальної форми. Не менш важлива оцінка, щоб з'ясувати ефективність методу візуалізації чи ні, досягнута мета чи ні.

Створення ідеального методу візуалізації може представляти певні труднощі для того, щоб задовольнити всі вимоги користувачів. Візуалізація страждає через багато проблем.

У разі необхідності створення ефективної техніки візуалізації, бажано спробувати розглянути всі обговорювані аспекти. Проблеми зручності використання є критичними для візуалізації, адже це впливатиме на те, чи буде вона простою у використанні та ефективною. Візуалізація повинна пропонувати достатньо інформації для користувача.

Розуміння елементарних перцептивно-когнітивних властивостей людини є основним кроком щодо розробки візуалізації інформації, забезпечення її відповідно до них. Потрібні попередні знання про метод, як ним керувати та використовувати, це повинно зробити його більш загальним. Відсутність внутрішніх показників якості означає відсутність загального механізму оцінювання та відбору, а також підриває прогрес у методах візуалізації.

Люди мають надзвичайні здібності сприйняття, які значною мірою недостатньо використовуються в більшості сучасних дизайнів інтерфейсів. Користувачі можуть сканувати, розпізнавати та швидко згадувати зображення, а також можуть виявляти незначні зміни розміру, кольору, форми, руху чи текстури.

Основна інформація, представлена в графічних інтерфейсах користувача, залишається здебільшого орієнтованою на текст (навіть якщо вона доповнена привабливими піктограмами та елегантними ілюстраціями). Дизайнери візуалізації інформації повинні розуміти принципи та інтегрувати інструменти візуалізації в рішення реалістичних бізнес-проблем. Це означає, що їм доведеться полегшити імпорт даних із багатьох джерел, працювати з великими обсягами даних і дозволити користувачам інтегрувати інші інструменти, наприклад інструменти для аналізу даних. Тоді, коли користувачі формують гіпотези про стосунки та помічають цікаві закономірності, вони повинні будуть мати можливість зберігати, надсилати, друкувати та ділитися цими знаннями з іншими через добре інтегровані інтерфейси координації.

Багато користувачів опираються візуальним підходам і задовольняються потужними текстовими підходами, такими як численні меню та попередні перегляди числових запитів у фасетному пошуку метаданих. Їх опір може бути доцільним, оскільки ці текстові інструменти використовують компактні презентації, багаті змістовною

інформацією та втішно знайомі. Успішні засоби візуалізації інформації мають бути більш ніж привабливими; вони мають забезпечити вимірні переваги для реалістичних завдань. Вони також мають бути побудовані таким чином, щоб задовольнити принципи універсального використання, тобто працювати на різноманітних платформах, розмірах дисплеїв і пропускну здатності мережі, одночасно забезпечуючи доступ для користувачів з обмеженими можливостями та користувачів, які розмовляють різними мовами.

Однією з довготривалих проблем є масштабованість (Harel & Kogen, 2000), яка займається питанням того, як керувати величезною візуалізацією в доступному просторі. Масштабованість є однією з великих проблем у середовищі мобільних пристроїв, оскільки доступний екран набагато менший, ніж екран комп'ютера. Важливо зробити аналіз даних візуально привабливим у візуалізації, розуміти аналіз даних за допомогою естетичних сцен. Естетичний вигляд зображення дуже складно підтримувати, і це є великою проблемою для інженерів візуалізації. Візуалізація інформації змінюється з часом, тобто візуалізація є динамічною. Автоматичний перехід структури до динамічної парадигми залишається проблемою для інженерів. Візуальне мислення, міркування та аналітика роблять візуалізацію інформації більш потужною для визначення причинно-наслідкового зв'язку.

Розробка різноманітних інтерактивних віджетів, гістограм і графіків для візуалізації даних повинна починатися з трьох основних атрибутів успішного дизайну взаємодії візуалізації даних – наявності, доступності та дієвості.

Загальна основа проєкту візуалізації інтерактивної структури даних зазвичай складається з наступних кроків: визначення бажаних цілей, розуміння проблем, пов'язаних з обмеженнями даних, і розробка концептуальної моделі, у якій дані можна швидко ітерувати та переглядати.

Маючи приблизну концептуальну модель, моделювання даних використовується для ретельного документування кожного фрагмента даних і пов'язаних метаданих. Далі йде розробка інтерфейсу користувача та розробка основної технології дизайну, яка може бути виконана за допомогою різноманітних інтерактивних інструментів візуалізації даних.

Інтерактивна візуалізація даних дозволяє користувачам взаємодіяти з даними способами, неможливими при наявності лише статичних графіків, як-от інтерактивна візуалізація великих даних. Інтерактивність є ідеальним рішенням

для великих обсягів даних зі складними історіями даних, надаючи можливість ідентифікувати, ізолювати та візуалізувати інформацію протягом тривалих періодів часу. Серед основних переваг інтерактивної візуалізації даних:

- більш швидке визначення тенденції. Більшість людського спілкування є візуальним, оскільки людський мозок обробляє графічні величини швидше, ніж текст. Пряме маніпулювання проаналізованими даними за допомогою знайомих метафор і легкозасвоєваних образів полегшує розуміння інформації та її використання;

- більш ефективне визначення зв'язків – можливість вузько зосередитися на конкретних показниках дозволяє користувачам ідентифікувати причинно-наслідкові зв'язки, які інакше не помічаються, протягом визначених часових проміжків. Це особливо корисно для визначення того, як щоденна діяльність впливає на цілі організації;

- оповідання корисних даних - люди найкраще розуміють історію даних, коли її розвиток з часом представлено чітко, лінійно. Візуальна історія даних, у якій користувачі можуть збільшувати та зменшувати масштаб, виділяти релевантну інформацію, фільтрувати та змінювати параметри, сприяє кращому розумінню даних, представляючи різні точки зору на дані;

- спрощення складних даних. Великий набір даних зі складною історією даних може візуально виглядати хаотично та не розбірливо. Включення елементів керування фільтруванням і масштабуванням може допомогти розплутати та зробити дані більш керованими, а також може допомогти користувачам отримати кращу інформацію.

Методи інтерактивної візуалізації даних, які можна використати при розробці програмних застосунків:

Теплокарти – вони представляють дані в матриці, де значення відображаються за допомогою кольорів. Вони ефективні для відображення шаблонів і кореляцій у великих наборах даних. Теплові карти можна використовувати для візуалізації змін коду з часом, визначення областей з високою активністю та дослідження зв'язків між різними компонентами програмного забезпечення.

Точкові діаграми з брашінгом – вони показують окремі точки даних на двовимірній осі. Брашінг дозволяє користувачам вибирати та виділяти конкретні точки для глибшого аналізу. Крім того, їх можна використовувати для аналізу зв'язків між змінними в коді, наприклад, складність коду та час виконання.

Візуалізація часових рядів – представляють точки даних протягом певного часу. Вони корисні

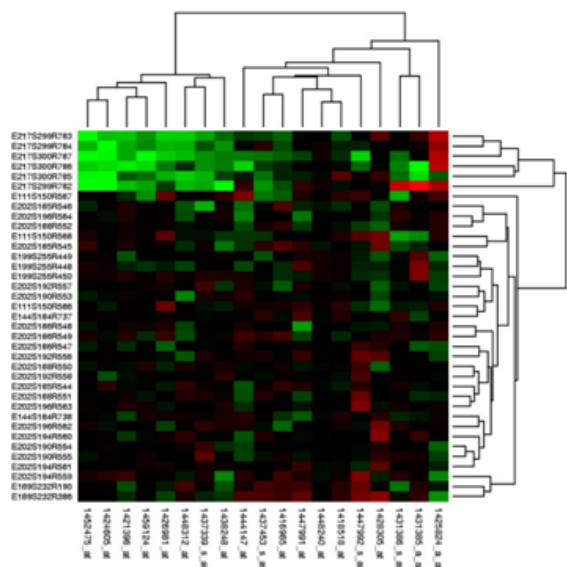


Рис. 1. Теплокарта, створена з даних мікрочіпів ДНК, що відображає значення експресії генів у кількох умовах

для відстеження змін і тенденцій. Мають можливість застосування для демонстрації прогресу проєкту, фіксації коду з часом або показників продуктивності системи.

Деревоподібні карти – відображають ієрархічні дані у вигляді вкладених прямокутників. Вони ефективні для візуалізації пропорцій та ієрархій у наборах даних, які можна використовувати для представлення файлової структури проєкту, візуалізації розподілу внесків коду або демонстрації розміру різних модулів.

Мережеві графіки – відображають зв'язки між об'єктами. Вузли представляють сутності, а ребра представляють зв'язки між ними. Придатні для застосування у ілюстрації залежностей між компонентами програмного забезпечення, візуалізації співпраці між розробниками або представлення залежностей модулів.

Паралельні координати – візуалізують багатовимірні дані, представляючи кожену точку даних у вигляді лінії, що з'єднує паралельні осі. Такі координати можна використовувати для дослідження взаємозв'язків між декількома показниками коду одночасно, допомагаючи визначити шаблони.

Інформаційні панелі з інтерактивністю – надають огляд кількох візуалізацій в одному інтерфейсі. Інтерактивність дозволяє користувачам налаштовувати та досліджувати дані. Інформаційні панелі можуть запропонувати комплексне уявлення про показники проєкту, якість коду та хід розробки, дозволяючи розробникам приймати обґрунтовані рішення.

Як вже було зазначено, головною задачею даного документа є розробка методології підви-

щення інтерактивності візуалізації даних у програмних засосунках та веб-ресурсах. На практиці, застосування методів інтерактивної візуалізації даних можна показати на прикладі веб-додатку, призначеного для аналізу та візуалізації глобальних економічних показників, що забезпечує користувачам повне розуміння складної взаємодії між різними факторами, що впливають на світову економіку. У цьому сценарії інтерактивні методи візуалізації можуть зіграти ключову роль у тому, щоб зробити великі та складні набори даних доступними та привабливими для користувачів.

Даний веб-додаток використовуватиме інтерактивні методи візуалізації, щоб представити тонку та динамічну картину світової економіки. Користувачі, матимуть можливість отримати доступ до великої кількості даних і отримати цінну інформацію через зручний інтерфейс.

Першою з ключових особливостей даного веб-додатку слід відокремити динамічну карту світу. На цільовій сторінці буде розміщено інтерактивну карту світу з кольоровим кодуванням, що відображає різні економічні показники, такі як зростання ВВП, рівень безробіття та інфляція. Користувачі матимуть можливість обирати конкретні країни, щоб отримати детальну інформацію про їхні економічні показники за певний час.

Крім того, даний додаток представлятиме можливість анімації тимчасових даних. Повзунок часової шкали дозволить користувачам досліджувати економічні тенденції протягом багатьох років. Коли вони перетягуватимуть повзунок, карта динамічно оновлюватиметься, щоб продемонструвати, як змінилися економічні показники. Ця функція анімації надаватиме унікальний спосіб спостереження за закономірностями, кореляціями та коливаннями.

Також додаток міститиме спеціалізовані візуалізації для різних секторів економіки, таких як виробництво, послуги та сільське господарство. Користувачі зможуть плавно перемикатися між секторами, а візуалізація динамічно налаштовуватиметься для відображення відповідних даних. Наприклад, бульбашкова діаграма зможе відображати внесок різних галузей у ВВП країни.

Завдяки інструментам порівняльного аналізу користувачі матимуть можливість вибрати кілька країн для прямого порівняння, що дозволить їм легко аналізувати та порівнювати економічні показники. Інформаційна панель паралельної візуалізації динамічно оновлюватиметься для демонстрації ключових показників, надаючи користувачам змогу визначати тенденції та викиди в різних країнах.

Оскільки додаток також міститиме алгоритми прогнозного моделювання для прогнозування майбутніх економічних тенденцій на основі історичних даних, користувачі зможуть досліджувати ці прогнози за допомогою візуально привабливих діаграм і графіків, які надаватимуть їм цінну інформацію для стратегічного планування та прийняття рішень.

Задля полегшення співпраці програма дозволить користувачам створювати налаштовані інформаційні панелі та ділитися ними. Колеги або студенти зможуть співпрацювати в режимі реального часу, підвищуючи освітню та аналітичну цінність платформи.

Підсумовуючи, даний веб-додаток є прикладом того, як інтерактивні методи візуалізації можуть перетворювати складні набори даних у значущу та дієву інформацію, обслуговуючи різноманітних користувачів і сприяючи глибшому розумінню складної динаміки глобальної економіки.

Висновки. У міру того, як візуалізація даних продовжує набувати все більшої актуальності в цифрових гуманітарних науках, зростає потреба

в усвідомленні інтерактивності як одного з її найважливіших аспектів. Незважаючи на те, що проблеми з даними про культурну спадщину та складність їх впровадження в динамічні візуалізації привернули критичну увагу, перспективи методів взаємодії з цією метою обговорюються не так активно.

Хоча інтерактивність зазвичай розглядається як важливий компонент візуалізації даних, вона часто розглядається окремо від візуального кодування та як другий крок у процесі проєктування, коли всі рішення щодо візуальних змінних уже прийняті. Це усунення інтерактивності зберігається в критичній інтерпретації візуалізації даних, яка так само зосереджена на візуальному кодуванні та не має словникового запасу, щоб зрозуміти надані інтерактивні можливості.

Перспективами подальших досліджень є розробка моделі інтерактивної візуалізації даних та її інтеграція у програмні застосунки та веб-ресурси. Дана модель пропонуватиме полегшений спосіб доступу до інформації та її засвоєння у користувачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chittaro L. Visualizing Information on Mobile Devices. *ACM Computer*, 2006. v. 39 n. 3. P. 40–45.
2. Plaisant C. The Challenge of Information Visualization Evaluation. *Proceedings of AVI 2004: 6th International Conference on Advanced Visual Interfaces*, ACM Press, New York, 2004. P. 109–116.
3. Chaomei C. Top 10 Unsolved Information Visualization Problems. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 2005.
4. Muhammad R., Fauzi M., Sanim S., Gining R., Jamaluddin M. Data visualization of vehicle crash using interactive map and data dashboard. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2019. № 14. 1405 p. DOI: 10.11591/ijeecs.v14.i3.pp1405-1411.
5. Zhigang L., Yanyan Zh. Facilitated analysis of large data sets by interactive visualisation. 2017. DOI: 10.1101/178616.
6. Herda, G., McNabb R. Python for Smarter Cities: Comparison of Python libraries for static and interactive visualisations of large vector data. 2022.
7. South E., Rodgers M. Data visualisation in scoping reviews and evidence maps on health topics: a cross-sectional analysis. *Systematic reviews*. 2023. № 12. 142 p. DOI:10.1186/s13643-023-02309-y.
8. Li Q., Liu K. Interactive Data Visualisation: Facilitate the Accountability Disclosure Through the Lens of Organisational Semiotics. 2016. № 477. P. 133–142. DOI:10.1007/978-3-319-42102-5_15.
9. Ortega B., Hasperué W., Peluffo-Ordóñez D., Imbaquingo D. Interactive Information Visualization Models: A Systematic Literature Review. 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-36805-9_43.
10. Kang S., Nam D. Multiple Interactive Visualization Techniques for Information. *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*. 2012. № 11. P. 56–61. DOI: 10.12815/kits.2012.11.5.056.
11. Hoeber O. Information Visualization for Interactive Information Retrieval. 2018. P. 371–374. DOI: 10.1145/3176349.3176898.
12. Morgan R., Grossmann G., Schrefl M., Stumptner M., Payne T. VizDSL: A Visual DSL for Interactive Information Visualization. 2018. P. 440–455. DOI: 10.1007/978-3-319-91563-0_27.
13. Masud Sh., Adiba H., Hossain T., Saha A., Rahman R. Development of Interactive Data Visualization System in Three-Dimensional Immersive Space. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2023. DOI: 10.14569/IJACSA.2023.01410108.
14. Ware, C. Information Visualization: Perception for Design. *Morgan Kaufmann*. 2006.
15. Harel D., Koren Y. A Fast Multiscale Method for Drawing Large Graphs. *Proc. 8th Int'l Symp. Graph Drawing*, 2000. P. 183–196.

REFERENCES

1. Chittaro, L. (2006). Visualizing information on mobile devices. *ACM Computer*, 39(3), 40–45.
2. Plaisant, C. (2004). The challenge of information visualization evaluation. In *Proceedings of the AVI 2004: 6th International Conference on Advanced Visual Interfaces* (pp. 109–116). ACM Press.

3. Chen, C. (2005). Top 10 unsolved information visualization problems. *IEEE Computer Graphics and Applications*.
4. Muhammad, R., Fauzi, M., Sanim, S., Gining, R., & Jamaluddin, M. (2019). Data visualization of vehicle crash using interactive map and data dashboard. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 14(3), 1405–1411. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v14.i3>. pp. 1405–1411.
5. Li, Z., & Zhang, Y. (2017). Facilitated analysis of large data sets by interactive visualisation. <https://doi.org/10.1101/178616>
6. Herda, G., & McNabb, R. (2022). Python for smarter cities: Comparison of Python libraries for static and interactive visualisations of large vector data.
7. South, E., & Rodgers, M. (2023). Data visualisation in scoping reviews and evidence maps on health topics: A cross-sectional analysis. *Systematic Reviews*, 12, 142. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02309-y>
8. Li, Q., & Liu, K. (2016). Interactive data visualisation: Facilitate the accountability disclosure through the lens of organisational semiotics. In *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 477, pp. 133–142). https://doi.org/10.1007/978-3-319-42102-5_15
9. Ortega, B., Hasperué, W., Peluffo-Ordóñez, D., & Imbaquingo, D. (2023). Interactive information visualization models: A systematic literature review. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36805-9_43
10. Kang, S., & Nam, D. (2012). Multiple interactive visualization techniques for information. *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 11, 56–61. <https://doi.org/10.12815/kits.2012.11.5.056>
11. Hoerber, O. (2018). Information visualization for interactive information retrieval. In *Proceedings of the 2018 Conference on Human Information Interaction & Retrieval* (pp. 371–374). <https://doi.org/10.1145/3176349.3176898>
12. Morgan, R., Grossmann, G., Schrefl, M., Stumptner, M., & Payne, T. (2018). VizDSL: A visual DSL for interactive information visualization. In *Communications in Computer and Information Science* (pp. 440–455). https://doi.org/10.1007/978-3-319-91563-0_27
13. Masud, S., Adiba, H., Hossain, T., Saha, A., & Rahman, R. (2023). Development of interactive data visualization system in three-dimensional immersive space. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01410108>
14. Ware, C. (2006). *Information visualization: Perception for design*. Morgan Kaufmann.
15. Harel, D., & Koren, Y. (2000). A fast multiscale method for drawing large graphs. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Graph Drawing* (pp. 183–196).