Субъективная интерпретация в визуализации

А.А. Захарова [1], А.В. Шкляр [2], Е.В. Вехтер [2]

[1] *Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, ул. Профсоюзная, 65, Москва, 117997, Россия*
[2] *Томский политехнический университет, проспект Ленина, 30, Томск,634050, Россия*

Аннотация

В работе рассмотрена проблема влияния субъективных факторов на эффективность применения средств визуализации в задачах интерпретации и практического анализа неформализованных данных. Субъективность является отправной точкой в когнитивном поиске, анализе новой информации и выдвижении новых гипотез. В методиках изучения неформализованных данных, в том числе с использованием современных интеллектуальных методов, появление этапа интерактивной коммуникации между исследователем и данными, позволяющем совмещать в одном информационном пространстве данные и их возможную субъективную интерпретацию, способно дать новые инструменты научного исследования и методики их применения На основании разрабатываемой семиотической модели визуализации, предложена система инициирующих факторов, оказывающих существенное влияние на результативность инструментов визуализации. Показано, что средства визуализации, их воспринимаемые характеристики и подсистемы управления, могут формировать необходимые эмоциональные факторы у пользователя для управления его деятельностью. Сформулирована гипотеза управляемости, объясняющая ограниченные возможности некоторых систем визуализации и позволяющая избежать ошибок при проектировании новых инструментов визуальной аналитики. Таким образом, дизайн инструментов визуализации рассматривается как комплексный параметр управления их назначением и эффективностью. Приведены примеры, иллюстрирующие справедливость выдвинутых предположений и их практическую значимость.

Ключевые слова

Субъективность, визуализация, семиотическая модель, интерпретация, восприятие.

Subjective Interpretation in Visualization

A.A. Zakharova [1], A.V. Shklyar [2], E.V. Vekhter [2]

[1] *V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Profsoyuznaya str., 65, Moscow, 117997, Russia*
[2] *Tomsk Polytechnic University, lenin pr.,Tomsk, 634050, Russia*

Abstract

The paper considers the problem of the influence of subjective factors on the effectiveness of the use of visualization tools in the tasks of interpretation and practical analysis of unformalized data. Subjectivity is the starting point in the cognitive search, analysis of new information and proposing new hypotheses. In the methods of studying unformalized data, including the use of modern intelligent methods, the emergence of the stage of interactive communication between the researcher and the data, allowing to combine the data and their possible subjective interpretation in one information space, can give new tools for scientific research and methods of their application Based on the developed semiotic model of visualization, the system of initiating factors that have a significant impact on the performance of the tools is proposed It is shown that visualization tools, their perceived characteristics and control subsystems can form the necessary emotional factors in

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия
EMAIL: zaawmail@gmail.com (А.А. Захарова); shklyarav@tpu.ru (А.В. Шкляр); vehter@tpu.ru (Е.В. Вехтер)
ORCID: 0000-0003-4221-7710 (А.А. Захарова); 0000-0003-4442-7420 (А.В. Шкляр); 0000-0003-0604-0399 (Е.В. Вехтер)
© 2022 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

the user to control his activity. A controllability hypothesis has been formulated to explain the limitations of some visualization systems and to avoid errors in the design of new visual analytics tools. Thus, the design of visualization tools is considered as a complex parameter for managing their purpose and effectiveness. Examples are given to illustrate the validity of the assumptions made and their practical relevance

Keywords
Subjectivity, visualization, semiotic model, interpretation, perception.

1. Введение

Роль визуализации и ее методов в научном исследовании или любой иной человеческой деятельности ограничена пониманием возможностей, возникающих благодаря осмысленной деятельности при визуальной коммуникации между пользователем и источниками информации. Несмотря на растущее число технологических решений, увеличивающих разнообразие направлений потенциального практического применения визуализации [1, 2], ее использование преимущественно ограничивается иллюстративной, презентационной или эскизной функциями. В каждой из указанных функций решаются схожие задачи – необходимо передать реципиенту информационной коммуникации фиксированные сведения, являющиеся основой визуального сообщения. Фактические различия в большинстве разрабатываемых инструментов визуализации связаны не с выполняемой ими функцией, а скорее с техническим потенциалом разработчиков [3].

Разнообразие решений задачи визуализации является следствием субъективности методик визуализации и отсутствия обоснования их эффективного применения. Субъективность является отражением продолжительного исторического пути развития визуального искусства и несформированного аппарата формального описания его возможностей в решении задач визуальной коммуникации. Однако, субъективность является отправной точкой в когнитивном поиске, анализе новой информации и выдвижении новых гипотез. Основным преимуществом, достижимом благодаря визуальным средствам интерпретации, становится возможность сокращения времени, затрачиваемом на оценку перспективности некоторых из возможных гипотез. Особенно важным это преимущество становится, как минимум, в двух ситуациях. Во-первых, если применение методик интеллектуальной обработки данных требует значительных ресурсов (например, подготовка обучающих выборок данных для нейросетевых моделей). Во-вторых, если исследуемые данные не имеют формальной модели, т.е. не могут быть проанализированы с предсказуемой точностью.

В каждой из этих ситуаций полезным выходом может быть привлечение субъективного опыта исследователя. Иначе говоря, в методиках изучения неформализованных данных, в том числе с использованием современных интеллектуальных методов, появление этапа интерактивной коммуникации между исследователем и данными, позволяющем совмещать в одном информационном пространстве данные и их возможную субъективную интерпретацию, способно дать новые инструменты научного исследования и методики их применения. Интерактивная визуализация является одним из самых интересных направлений развития технологий анализа неформализованных данных.

2. Лингвистическое пространство

Обоснование эффективности применения визуализации может быть достигнуто в результате анализа многочисленных вариантов решений задач визуализации, однако, большинство попыток останавливается на этапе обобщения существующего опыта. Затруднения связаны с необходимостью систематизации задач визуализации с одной стороны и особенностей визуальной коммуникации, требующих активации в соответствии с целями визуализации с другой.

2.1. Семиотическая модель

Классификация задач визуализации была предложена ранее [4]. Семиотическая модель, дополняющая предложенную классификацию, создала условия для сближения обоих указанных затруднений. Это проявилось в том, что визуальное представление информации и его интерпретация, т.е. процессы, соответствующие названным затруднениям, стали элементами лингвистического пространства. Подразумевается, что область функционального применения и развития визуализации может опираться на определения базисных понятий, используя сходство между языковой и визуальной коммуникациями как видами информационного взаимодействия. В этом пространстве возможно корректное представление большинства понятий и определений, используемых в визуализации. Это совмещение разнородных сущностей необходимо для поиска и определения факторов, которые можно рассматривать как причину появления новых гипотез, соответствующих визуализированным данным, а также новых знаний. Иначе говоря, актуальным направлением исследований следует считать детальное рассмотрение внутренних процессов визуализации, являющихся основанием для ее развития в качестве когнитивного инструмента.

Создание теоретической модели таких процессов позволит полностью или частично ответить на ряд важных вопросов: как адаптировать параметры визуализации к особенностям конкретного пользователя или их группы; каковы перспективы визуализации в вопросах создания универсального средства информационной коммуникации; возможно ли появление эффективных подсистем в инструментах визуализации, позволяющих нивелировать или продуктивно использовать субъективность интерпретации визуальных образов и т.д. Одним из ожидаемых результатов, возможным при получении ответов на указанные вопросы, станет использование визуального представления как исходных данных, так и соответствующих им знаний, в обобщенном виде. Иными словами, визуализация, как способ информационной коммуникации, получит возможность стать инструментом формализации знаний, инициирующим процессы переноса знаний между предметными областями, как на уровне гипотез, так и в виде верифицированных моделей и систем.

2.2. Данные и/или знания

Известные закономерности зрительного восприятия во многом подтверждают предположение о высокой степени убедительности любых визуальных образов. Это является одновременно и серьезным недостатком и важнейшим преимуществом визуализации. Причем граница между этими качествами очень размыта.

Образное представление какой-либо информации наблюдателем воспринимается как объект, обладающий свойствами завершенности, константности, целостности и т.д. Если время интерпретации такого образа мало, то, согласно лингвистической модели, он остается символом, отражающим факт, не подлежащий сомнению. Такой же результат может быть получен при помощи целого ряда выразительных приемов, поэтому воздействие подобной визуализации на зрителя относится к категории «информирование». Согласованность полученной новой информации с собственной системой знаний пользователя в этом случае становится сигналом для завершения взаимодействия с визуальной информацией.

Знания, как информация с более высокой степенью формализации, предполагают дополнение «первичных» данных сведениями об их значении в определенной предметной области, достоверности и обобщенности. Однако, при решении проблемы представления знаний сложно указать на различия между данными и знаниями, т.к. эти различия в большинстве существующих решений представляются как дополнительные данные с помощью известных синтаксических правил. Экспериментальная оценка [5], проведенная в рамках исследования семиотической модели, позволяет утверждать, что содержательная интерпретация визуализированных данных происходит лишь в результате создания специальных условий для наблюдателя [6], [7].

На уровне организации взаимодействия исследователя с информацией подобные условия могут быть получены различными путями, как известными, так и совершенно новыми. Однако,

при разработке инструментов визуальной коммуникации в каждом случае с большим или меньшим успехом преследуется одна и та же цель: провоцирование пользователя, инициализация деятельностного аспекта в ходе визуальной коммуникации. Если достичь этой цели не удается, то для исследователя визуализированные знания остаются данными, не имеющими практической ценности в текущий момент времени. В противоположном случае, визуализация становится гибким лингвистическим инструментом, субъективность которого является основой когнитивных процессов.

3. Инициирующее воздействие

Изучение известных подходов к организации инициирующего воздействия на пользователя и исследование вопроса об увеличении его результативности становится причиной появления новых инструментов визуализации [8], а также разработки специализированного классификатора средств визуализации, дополняющего семиотическую модель. Необходимость в разделении средств визуальной аналитики в зависимости от механизмов инициации когнитивных процессов связана с очевидным стремлением разработчиков систем визуализации к повышению их эффективности. [9] Соответствие между инструментарием и решаемой с его помощью задачей является одним из важнейших направлений в методиках интерпретации данных, а обсуждаемый и предложенный классификатор может быть простым и удобным приемом достижения этого соответствия [10].

3.1. Прямой вопрос

В более полной формулировке, это внешнее указание или подчиненность запросу. Наиболее привычный вариант организации взаимодействия исследователя и инструмента визуальной аналитики. Может быть организован несколькими способами, в т.ч. предварительное информирование о цели поиска, демонстративный аналог или знаковое указание. В каждом таком случае формируется мысленный шаблон восприятия, который позволяет сократить время, затрачиваемое исследователем на интерпретацию и анализ визуализированных данных. Негативным когнитивным эффектом в этом случае следует считать замену динамического анализа, в котором существенную роль играет обратная связь, ответственная за сопоставление результатов анализа и его цели, на быстрое сравнение с мысленным шаблоном и принятие решения о степени близости между шаблоном и текущим результатом визуального восприятия.

3.2. Незавершенность

Иначе говоря, субъективная конфликтность. Вариант взаимодействия с визуальным образом, появляющийся в ситуациях, когда и направление анализа, и верификация его результатов определяются самим исследователем. Иначе говоря, если данных недостаточно для поиска и принятия единственно верного решения поставленной задачи, то инструменты визуализации не должны формировать ложное ощущение точности интерпретации и связанной с нею гипотезы решения задачи. Более полезным вариантом коммуникации между пользователем и исходными данными может стать использование некоторых особенностей восприятия исследователя для коррекции его действий, направленной на сбор и привлечение к решению новых данных и генерацию дополнительных гипотез. Например, подчеркнутая средствами визуализации неполнота данных (незавершенность образа, разрыв, ограниченность представления, необоснованное движение и т.д.) в ситуации несогласованности с собственными текущими ожиданиями пользователя, порождает субъективную конфликтность и принуждает к действиям, необходимым для ее устранения. Таким образом, инициируется когнитивный поиск, позволяющий дополнить имеющуюся информацию.

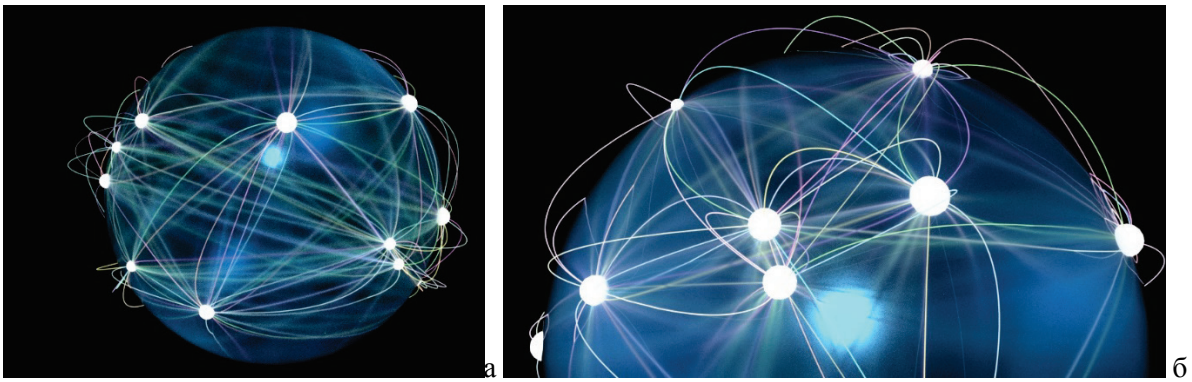
3.3. Ощутимая управляемость

Соответствие достижимой цели. Более широкая постановка задачи взаимодействия исследователя с исходными данными. Предполагается, что создается потенциальная возможность одновременно с интерпретацией исходных данных корректировать и доступные для использования знания, и цели изучения данных. В системе данные-визуализация-пользователь возникает динамическая составляющая (которой являются знания пользователя), изменяющая поведение системы. В этой формулировке задачи визуализации самым неоднозначным является поведение пользователя. Поэтому ключевым вопросом, возникающим на этапе проектирования систем визуальной аналитики, является выбор возможных методик и соответствующих им средств воздействия на пользователя. Целью такого воздействия становится переключение деятельности исследователя между состояниями «наблюдение» - «поиск» - «осмысление» в зависимости от актуальной задачи.

4. Анализ социальных данных

В качестве примера задачи разработки инструментов визуального анализа для исследования неформализованных данных можно привести систему визуализации социальных данных. Первоначальной сложностью, препятствующей получению содержательных выводов, является значительный объем данных (10-200 человек), характеризующий коммуникацию между участниками социальной группы. Для анализа исходных данных предложена интерактивная визуальная модель, объединяющая в одном образе данные о нескольких видах коммуникации.

Расположение на поверхности сферы узлов, каждый из которых символизирует участника исследуемой группы, произвольно и может быть изменено в интерактивном режиме. В одном из вариантов визуализации, узлы размещались на расстоянии друг от друга, соответствующем активности их личного общения. Результатом становится образ, позволяющий визуально представить внутреннее разбиение исследуемой группы. Затем модель была дополнена сведениями о взаимодействии между представителями группы в рабочих или учебных проектах. Итоговая модель позволила сделать выводы о взаимодополняемости различных видов коммуникации и прогнозировать динамику изменения взаимодействия. В приведенном примере, группа -15 человек, активность личного общения – объем переписки в социальных сетях, рабочая коммуникация – участие в разработке общего учебного проекта (рисунок1).



а б

Рисунок 1 – Визуализация коммуникации социальной группы: исходная (а), модельная (б)

Модель позволяет легко представить соотношение между личной и рабочей коммуникациями, а также их возможное взаимное влияние. С точки зрения изучения возможностей инструментов визуализации для их применения в изучении систем, схожих с тестовой, следует отметить незначительное время освоения инструмента неподготовленным специалистом, а также возможность моделировать новые, модифицированные состояния системы, соответствующие, например, критериям оптимальности по выбранным исследователем параметрам.

Существенным обстоятельством, определяющим результаты визуального исследования, становится активное привлечение пользователем субъективного опыта, дополняющего анализируемые данные.

5. Гипотеза управляемости

Для более глубокого понимания множества связанных когнитивных и эмоциональных факторов, ответственных за результаты визуальной интерпретации данных, был проведен анализ известных решений ряда прикладных задач в области дизайна – промышленного и цифрового. В результате, сформулирована гипотеза, объясняющая значительное число устойчивых реакций пользователей объектов дизайна – страхов, симпатий, интереса или апатий, а также причин исчезновения или трансформации этих реакций. Смысл сделанного предположения сводится к следующему: достижение необходимой реакции пользователя и контроль над нею зависит от возможности влиять на осознаваемую субъектом собственную роль в системе «пользователь – воспринимаемое им пространство». Легко привести несколько примеров, иллюстрирующих справедливость предложенной гипотезы.

Страх и схожие с ним эмоциональные реакции в терминах обсуждаемой гипотезы соответствуют ситуации, когда деятельность пользователя или ее планирование подавлены внешними факторами. Иначе говоря, если воспринимаемое пространство доминирует в анализируемой системе, то это лишает пользователя возможности понимать и предсказывать ее развитие, а, следовательно, становится причиной формирования разнообразных негативных реакций. В рамках семиотической модели визуализации, это аналог состояния пассивного восприятия, т.е. визуального информирования.

Любопытство и хитрость. С точки зрения выдвинутой гипотезы, в этом случае элементы системы сохраняют паритет активности, т.е. оказывают взаимное влияние друг на друга. Деятельностный аспект в поведении пользователя направлен на получение новых сведений о воспринимаемом пространстве и уточнение уже имеющихся знаний. Эмоциональное состояние пользователя считается «условно положительным», т.к. получаемые знания компенсируют усилия по их получению. В семиотической модели к этим процессам относятся сразу два ее состояния – обучение и исследование.

Владение и манипулирование. Наиболее продуктивная для пользователя ситуация, т.к. сопоставляется возможности полноценного планирования своей деятельности и самореализации. Воспринимаемое пространство считается местом для реализации собственных интересов, формирования гипотез и получения дивидендов от их практической верификации. Таким образом, следует считать, что эмоциональное состояние имеет исключительно положительную конструктивную тональность, т.к. определяется как направленное использование имеющегося опыта и получение новых результатов. С точки зрения семиотической модели – это задача управления (рисунок 2).

Важным следствием рассматриваемой гипотезы является еще одно предположение, которое может быть использовано в системах визуальной аналитики. Основная идея состоит в том, что описанные выше эмоциональные состояния могут быть первичны по отношению к задачам визуального анализа. Иными словами, средства визуализации, их воспринимаемые характеристики и подсистемы управления, могут формировать необходимые эмоциональные факторы у пользователя для управления его деятельностью. Таким образом, дизайн инструментов визуализации рассматривается как комплексный параметр управления их назначением и эффективностью.

6. Заключение

В ходе проводимого исследования предложена классификация инструментов визуализации, отличающиеся способами воздействия на интерпретацию и когнитивный поиск ответа на поставленную перед пользователем задачу. Разработанная классификация согласована с семиотической моделью визуализации и является ее следствием.

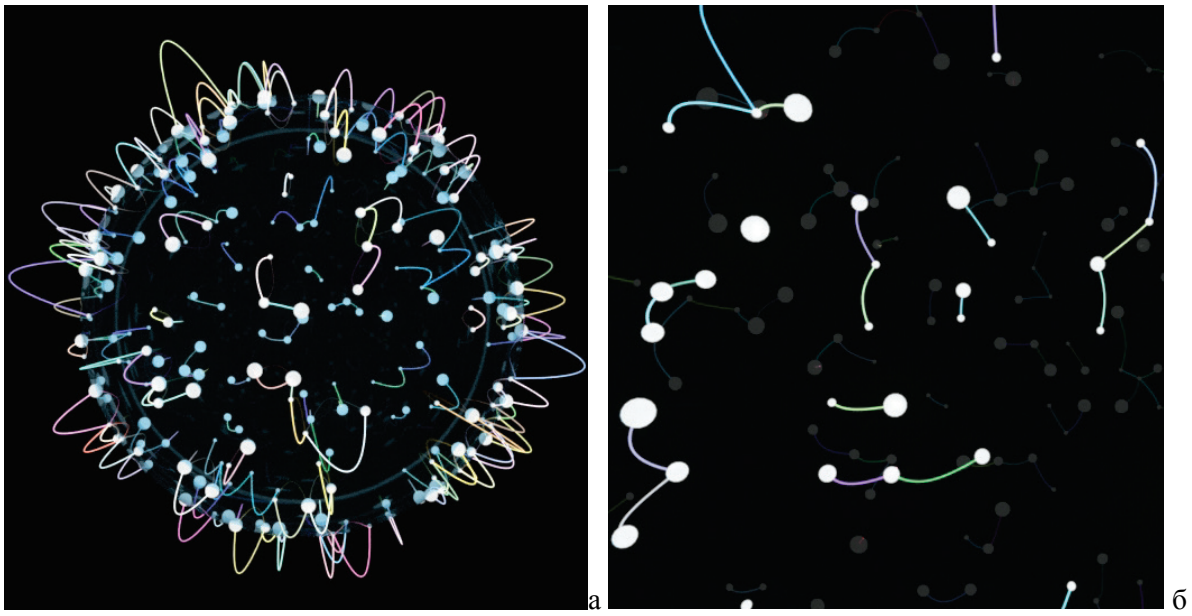


Рисунок 2 – Сравнение результатов кластеризации по принципу «ближайшего соседа» в модели социальных данных с соответствием гипотезе управляемости (а) и без (б). Исключение из поля зрения части (б) существенно (в 2-3 раза) увеличивает время интерпретации, несмотря на значительное упрощение образа. Моделирование новых состояний системы в модели, соответствующей гипотезе управляемости, происходит быстрее (в среднем, в 3-6 раз)

В качестве перспективного направления развития средств визуальной аналитики предложено направленное использование субъективного фактора для формирования гипотез в задачах интерпретации неформализованных данных. Сформулирована гипотеза управляемости и выделены особенности проектирования инструментов визуализации, позволяющие контролировать их практическое использование. Положительный эффект контролируемого применения инструментов визуализации связан в возможностью обоснованного включения визуализации в процессы интерпретации и анализа неформализованных данных наряду существующими методами интеллектуального анализа.

7. Список источников

[1] C. Vieira, P. Parsons, V. Byrd, «Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda», Computers and Education, 2018, doi: 10.1016/j.compedu.2018.03.018.

[2] D. Sacha, «Human-centered machine learning through interactive visualization», 24th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning, April, pp. 27–29, 2016.

[3] G. K. L. Tam, V. Kothari, M. Chen, «An Analysis of Machine- and Human-Analytics in Classification», IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v. 23, pp. 71–80, 2017, doi: 10.1109/TVCG.2016.2598829.

[4] A. Zakharova, A. Shklyar, E. Vekhter, «Semiotic Assessment of Visualization Tools», в Proceedings of the 31st International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2021), Nizhny Novgorod, Russia, сен. 2021, т. 3027, сс. 288–295. Просмотрено: 7 июль 2022 г. [Онлайн]. Доступно на: http://ceur-ws.org/Vol-3027/#paper28.

[5] A. Zakharova, E. Vekhter, A. Shklyar, «Adaptable Visualization», Scientific Visualization, v. 13, pp. 67–78, 2021, doi: 10.26583/sv.13.2.05.

[6] N. J. Pizzi, A. Demko, и R. Vivanco, «Discrimination of software quality in a biomedical data analysis system», Proceedings Joint 9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference (Cat. No. 01TH8569), v. 3, pp. 1702–1707. doi: 10.1109/NAFIPS.2001.943808.

[7] M. Matsushita и T. Kato, «Interactive visualization method for exploratory data analysis», Proceedings Fifth International Conference on Information Visualisation, pp. 671–676. doi: 10.1109/IV.2001.942128.

[8] A. Batch и N. Elmqvist, «The Interactive Visualization Gap in Initial Exploratory Data Analysis.», IEEE transactions on visualization and computer graphics, v. 24, pp. 278–287, 2018, doi: 10.1109/TVCG.2017.2743990.

[9] D. Schofield, «Courting the visual image: The ability of digital graphics and interfaces to alter the memory and behaviour of the viewer», Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 10901 LNCS, pp. 325–344, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-91238-7_27.

[10] R. J. Crouser, L. Franklin, A. Endert, и K. Cook, «Toward Theoretical Techniques for Measuring the Use of Human Effort in Visual Analytic Systems», IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2017, doi: 10.1109/TVCG.2016.2598460.