

## Содержание

Введение.....	2
1 Картографирование инфокоммуникационного пространства .....	9
1.1 Понятие «Карта киберпространства» .....	11
1.2 Задачи, решаемые при помощи карт киберпространства .....	13
1.3 Правила отображения объектов киберпространства в евклидово пространство.....	19
1.3.1 Способы и критерии визуализации киберпространства .....	21
1.3.2 Виды укладки графов, используемые в картографировании .....	24
1.4 Компьютерные средства отображения карт киберпространства .....	28
Список использованных информационных источников.....	32

## **Введение**

С развитием компьютерных технологий, таких как Интернет и виртуальная реальность, появляется понятие киберпространства или инфокоммуникационного пространства, и оно все больше изучается исследователями в различных дисциплинах, включая компьютерные науки, социологию, географию и картографию [1]. Словообразовательная единица кибер- в сочетании с существительным образует слова со значением «связанный с компьютерными сетями, Интернетом». Карты инфокоммуникационного пространства, как специальные карты для киберпространства, были созданы и использованы в качестве инструмента для понимания различных аспектов виртуальных миров киберпространства. Виртуальные миры имеют сходства с нашим миром, однако, можно найти и их отличия во многих отношениях от физического мира, в котором мы живем. Из-за этих различий картографы сталкиваются с некоторыми проблемами. Данный диплом посвящен различным картографическим вопросам, таким как визуализация, анализ и исследование инфокоммуникационного пространства в области безопасности с разных сторон.

На протяжении тысяч лет люди создавали карты мира, в виде –цветных карт, в последнее время трехмерных моделей, спутниковых изображений и моделируемых компьютером карт [2].

Неотъемлемой в создании карт, является их визуализация. Часто бывает так, что пространственные коммуникации являются чрезвычайно обширными. Картография предоставляет средство, с помощью которого становится возможным классифицировать, представлять и передавать информацию о тех областях, которые являются слишком большими и сложными, чтобы увидеть их непосредственно. Хорошо разработанные карты относительно легко интерпретировать, и они представляют собой

концентрированные базы данных информации о местоположении, форме и размеру ключевых особенностей ландшафта и связей между ними. По сути, карты используют способность ума, которая позволяет увидеть сложные отношения в данных, сократить время поиска и выявления отношений, которые иначе не были бы замечены. Как следствие, они являются неотъемлемой частью того, как мы понимаем, и объяснить мир.

Другими словами, если под киберпространством понимать совокупность информационных объектов (таких как базы данных уязвимостей, профили пользователей социальных сетей, события безопасности информации, и др.) и их взаимосвязей, то математические методы должны обеспечить выбор важных в контексте решаемой задачи объектов, а также изображение таких объектов в двухмерной или трёхмерной виртуальной среде по результатам отбора ключевых взаимосвязей и свойств таких объектов.

Карты инфокоммуникационного пространства в контексте обеспечения его безопасности чрезвычайно важны по целому ряду причин. Во-первых, информационные и коммуникационные технологии и киберпространство оказывают значительное влияние на безопасность информации в социальных, культурных, политических и экономических аспектах повседневной жизни. Точная природа этих эффектов оспаривается, но данные свидетельствуют о том, что киберпространство:

- изменяет общественные отношения и основы личной идентичности;
- изменяет политическую структуру;
- подталкивает к значительным изменениям в городской и региональной экономике и форм занятости;
- приводит к глобализации культуры и информационных услуг.

Понимание данных аспектов беспринципными гражданами, злоумышленниками, хакерами, мошенниками, неизбежно приведет к

вторжению данными лицами в социальные, культурные и политические течения. К примеру, зная все лица, задействованные в информационной пропаганде определенной сферы деятельности, можно с помощью карт инфокоммуникационного пространства определить направленность воздействия, и аудиторию, прислушивающуюся к данным лицам. Данная ситуация продемонстрирована на рисунке 1 профили лидеров мнений и их аудитория в социальной сети «ВКонтакте».



Рисунок 1 - Отображение в двухмерном пространстве профилей лидеров мнений и их аудитории

Карты инфокоммуникационного пространства могут помочь нам понять последствия этих вторжений, раскрывая географические масштабы и взаимосвязь происходящих изменений.

Во-вторых, масштабы киберпространства быстро растут. Например, 1 января 2018 на планете насчитывалось 3 812 564 450 интернет-пользователей. Это на 400 миллионов превышает цифру 3,4 миллиарда, зарегистрированную в начале 2016 года [3]. Вырос ряд средств массовой информации, которые используют данные пользователи. Так много средств массовой информации и пользователей онлайн, киберпространство стало огромным и часто сбивает с толку. Провайдеры и аналитики, понимая различные пространства интерактивного взаимодействия, обеспечивают

понимание и средство навигации для пользователей. В зависимости от их масштаба, некоторые карты обеспечивают «обширную картину», давая людям уникальное ощущение пространства, которое трудно понять без навигации и исследуя его в одиночку. Это касается и информационной безопасности и безопасности информации, если осуществляется атака или вброс деструктивного контента с разных уголков сети Интернет, социальной сети, телекоммуникационной сети и т.д. довольно сложно отследить масштаб, точки вхождения и последствия не имея приличных карт инфокоммуникационного пространства. Таким образом, они имеют значительную образовательную ценность, делая сложные пространства понятнее.

Развитие Интернета и технологий привело к тому, что картография инфокоммуникационного пространства стала актуальной и востребованной. Поэтому возникает ряд вопросов с обеспечением безопасности киберпространства связанных с картографией.

При анализе имеющейся литературы по картографии инфокоммуникационного пространства, можно выделить ряд противоречий:

- насколько эксперт может быстрее решить ту или иную задачу с использованием графических средств по сравнению с решением задачи только на основании анализа данных, представленных в аналитическом виде;
- между потребностью в численных оценках риска и качественных подходов к его анализу;
- между значимостью данных, которые необходимы при построении картографии инфокоммуникационного пространства.

**Актуальность исследования** обусловлена следующими факторами:

- быстрым ростом количества пользователей и ресурсов в сети Интернет;
- наличием большого спектра задач информационной безопасности и безопасности информации решаемых с помощью картографии

инфокоммуникационного пространства;

- упрощенного понимания и анализ большого объёма данных;
- разнообразие методов построения и укладки данных в двухмерное пространство;
- отсутствие технологий построения и использования инструментальных средств для создания и работы с такими картами.

**Степень разработанности темы исследования.** Сейчас существует малое работ посвященных картографии киберпространства в контексте его безопасности. В них рассматриваются следующие вопросы:

- история возникновения и развития картографии в киберпространстве;
- правила отображения объектов киберпространства в евклидово пространство;
- компьютерные средства отображения карт киберпространства;
- оценка эффективности карт киберпространства;
- рассмотрение средств визуализации графов в евклидовом пространстве;

Однако, несмотря на существующие количество работ, связанных с картографией инфокоммуникационного пространства остается не проработанным вопрос, связанный с контекстом его безопасности, получением числовой оценки защищенности и риска киберпространства. Таким образом, задача по автоматизации сбора данных, вычислению и получению количественной и качественной оценке защищенности и риска, анализа инфокоммуникационного пространства, его укладка и визуализация карт в контексте безопасности киберпространства остается актуальной темой.

**Объектом исследования** является инфокоммуникационное пространство в контексте его безопасности.

**Предметом исследования** является картография инфокоммуникационного пространства в контексте его безопасности.

**Цель исследования** состоит в разработке методики укладки киберпространства в контексте его безопасности на карту, качественной и количественной оценки защищенности и риска на базе социальной сети «ВКонтакте» и телекоммуникационных систем.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- проранжировать критерии информационных объектов и их связи в киберпространстве в контексте его безопасности на базе социальной сети «ВКонтакте» и телекоммуникационных систем;
- получить количественную и качественную оценку защищённости и риска для критических информационных объектов в киберпространстве в контексте его безопасности, определить их влияние в инфокоммуникационном пространстве;
- провести укладку киберпространства в контексте его безопасности на карту, после чего проанализировать влияние критических информационных объектов на величину защищённости и риска;
- разработать программу по сбору данных, их ранжированию, анализу этих данных и вычислению критических информационных источников, объединению их в киберпространство и укладка его на карту.

**На защиту выносятся:**

- методика ранжирования критериев информационных объектов и их связей в киберпространстве в контексте его безопасности на базе социальной сети «ВКонтакте» и телекоммуникационных систем;
- методика количественной и качественной оценки защищённости и риска для критических информационных объектов в киберпространстве в контексте его безопасности, определение их влияния в инфокоммуникационном пространстве;

- методика укладки киберпространства в контексте его безопасности на карту, анализ влияния критических информационных объектов на величину защищённости и риска;
- программа по сбору данных, их ранжированию, анализу этих данных и вычислению критических информационных источников, объединению их в киберпространство и укладка его на карту.

**Теоретическая значимость работы** заключается в:

- применении методики ранжирования критериев информационных объектов в контексте безопасности для дальнейшей укладки инфокоммуникационного пространства на карту;
- выработке рекомендаций, на основе полученных результатов, по дальнейшему развитию процессов протекающих в киберпространстве;
- использовании оценок защищенности и риска информационных объектов на карте киберпространства для выработки рекомендаций;
- получение результатов в ходе работы, которые послужат для дальнейшего исследования и усовершенствования системы картографирования инфокоммуникационного пространства в контексте его безопасности.

**Практическая ценность результатов** заключается в том, что:

- созданный механизм картографирования киберпространства в области его безопасности существенно упростит работу экспертов и даст возможность быстрого реагирования на те задачи, которые ранее занимали больше времени для аналитики;
- работа может быть применима не только для социальной сети «ВКонтакте», но и для любых других, что расширит карту киберпространства и даст больше данных для понимания состояния безопасности киберпространства.

**Методы исследования.** В исследовании применяются теория графов, алгоритмы обхода графов.



## 1 Картографирование инфокоммуникационного пространства

В работе с большим количеством данных происходит столкновение с проблемами. Большое количество возможностей, ресурсов и объёмной базы данных не дает понимания, что делать и как действия могут повлиять на ситуацию в целом. Не известно на какой объект нужно воздействовать, каким методом пользоваться и какие у него связи с окружающим миром. Проблема заключается в том, что имеется слишком широкий объём данных, на который не известен механизм воздействия. Для решения этой проблемы желательно увидеть всю картину, создать модель ситуации, которую возможно проанализировать и выбрать верную стратегию действий.

Большой минус состоит в том, что на исследуемый объект оказывает влияние поведение окружающей его среды. Тут весомую роль служит не только индивидуальные свойства объекта, но и сведения о результатах действий больших групп. Тот же эффект будет достигнут, если проводить анализ по каждому из окружающих объектов, то его действия будут не ясны, они не покажут, что результатом их поведения является давление со стороны. В этом и заключается проблема анализа политических, социальных, культурных течений в безопасности инфокоммуникационного пространства.

Для решения данных проблем, нужно попытаться выложить весь объем содержащихся данных на пространство, создать некоторую модель, так называемую карту. Данный подход позволит нам:

Во-первых, абстрагироваться, проанализировать общую ситуацию и увидеть тупиковые точки обособленного анализа объектов. Для этого будет даже достаточно одной картографии, без количественных оценок. Это даст новую точку опоры и позволит иначе взглянуть на ситуацию.

Во-вторых, часто над задачами работает не один человек, и становится очень важно, чтобы было общее понимание и решение, т.е. необходим язык общения. Очень часто в коллективной работе большое количество тратится не на саму работу, а на процесс коммуникации. С увеличением количества участников группы, увеличивается и количество связей между ними. Для решения проблемы растущих объёмов используется единая модель, через которую и будет происходить коммуникация. В случае киберпространства эта модель: человек – карта – человек. Тогда каждому аналитику будет соответствовать одна связь. Взаимосвязь участников анализа показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Взаимосвязь участников анализа

Для принятия решений и активного взаимодействия социальной группы людей, ученый К. Идеи предложил использовать карты. К выдвижению данной теории его подтолкнула работа Келли в которой говорится, что важную роль в получении консенсуса играют достижение членами группы единства в способе конструирования будущих событий, процессы "усиления понимания", "изменения символов", выявления новых точек зрения.

Для решения проблемы необходимо построить карту инфокоммуникационного пространства, которая даст возможность отследить объекты их связи и взаимодействия и будет достаточно понятной для понимания.

## 1.1 Понятие «Карта киберпространства»

Пространство, вероятно, является одним из наиболее важных и парадоксальных понятий, с которыми сталкиваются люди. Пространство всегда присутствует в нашей повседневной жизни, например, при путешествиях по всему миру, находясь в городе, в стране или даже в здании. Пространство можно определить с точки зрения его размера и с точки зрения его восприятия: небольшое пространство, которое можно увидеть с одной точки зрения, и большое пространство, которое находится за пределами восприятия человеческого тела и не может быть видно с одной точки зрения. Для понимания и восприятия большого пространства часто используются карты, чтобы представить его на плоскости. Другими словами, нам нужны карты, потому что пространство слишком велико для восприятия, понимания, навигации и исследования. Карты предоставляют инструмент визуализации для понимания и восприятия пространства.

Можно заметить, что термин карта в обычном её понимании, как изображение земной поверхности и её частей, давно вышел за эти рамки. Так появился термин «Картография киберпространства» (Mapping Cyberspace), где киберпространство рассматривалось с трёх точек зрения: в отношении его связи с физическими объектами, в отношении его топологии и в контексте изображения в виртуальном пространстве.

Для киберпространства математическая основа должна быть направлена на выявление важных информационных объектов и их свойств в многомерном пространстве, создаваемом взаимосвязями таких объектов, а также на визуализацию отобранных объектов на экране монитора (или в среде виртуальной реальности).

Под инфокоммуникационным пространством можно понимать совокупность информационных объектов (таких как базы данных уязвимостей, аккаунты пользователей в социальных сетях, топологию

телекоммуникационных сетей, события безопасности и т.д.) и их взаимосвязей. Исходя из этого очень важно определение критических информационных объектов в контексте безопасности киберпространства и других решаемых задач и их визуализация в двухмерном или трёхмерном пространстве по результатам выборки.

На рисунке 3 и 4 показаны два примера такого отображения объектов. Первый пример (рис. 3) демонстрирует взаимосвязь общих частей в исходных текстах различных программ и автоматического анализа такого кода на предмет наличия известных уязвимостей, второй - дружеские отношения пользователя социальной сети «Facebook» в двухмерном пространстве (рис. 4).

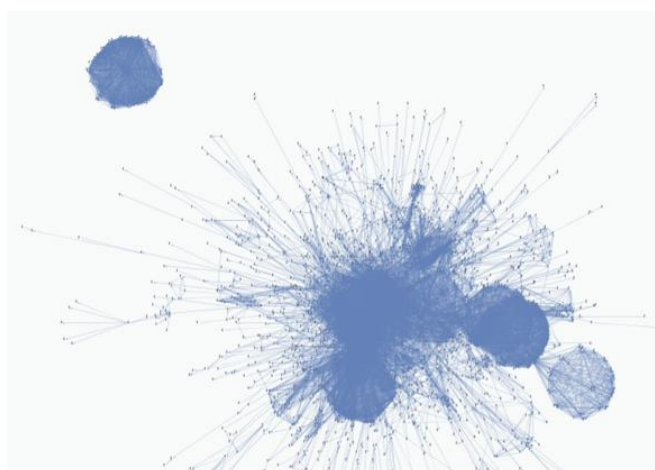


Рисунок 3 – Пример изображения общих частей в исходных текстах наличия известных уязвимостей

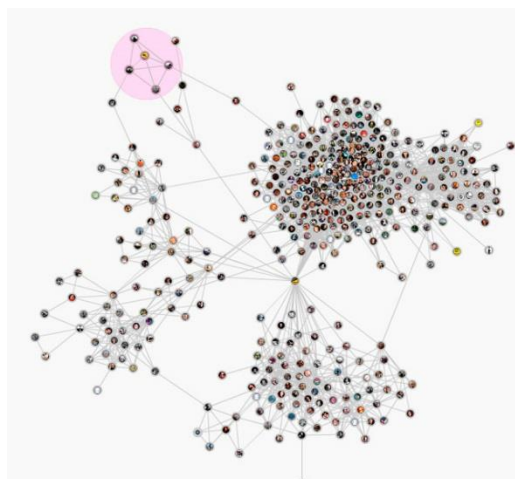


Рисунок 4 – Пример изображения профилей пользователей

Таким образом, под картой понимается отображение  $R$  объектов  $O$  киберпространства  $C$  в евклидово пространство размерностью  $d \in [2,3]$  при помощи компьютерных средств  $T$  и правил отображения  $U$ :

$$R_d(O, C, T, U). \quad (1)$$

## 1.2 Задачи, решаемые при помощи карт киберпространства

Киберпространство  $C$  в контексте решаемой задачи определяется множеством всех объектов с их свойствами и взаимосвязями, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи. Определение таких объектов осуществляется на этапе поиска и сбора исходных данных (обозначим их как  $C'$ ), причём состав  $C'$  может быть расширен в ходе решения задачи, если в ходе анализа карты киберпространства была определена необходимость сбора дополнительных данных, без которых решение задачи не представляется возможным.

Отображаемые объекты  $O$  принадлежат множеству  $C$ , причём выборка объектов  $O$  осуществляется при помощи функции генерализации  $\Gamma: C' \rightarrow O$ . Объекты  $O$  удобно представить в виде графа с множеством вершин  $N$ , рёбер  $E$  и их свойств  $P$ :

$$O = (N, E, P). \quad (2)$$

В основе использования классических географических карт [4] сформулированы соответствующие проблемы, при решении которых эксперту требуется визуализация пространства:

- исследование неизведанных территорий;
- прокладка маршрута;
- разработка плана операции;
- обучение (глобус, контурная карта).

Процесс решения задачи с помощью карты можно разделить на 4 этапа:

1) построение карты киберпространства, включающее первоначальный сбор исходных данных; 2) поиск решения задачи с использованием карты, в том числе интерактивного взаимодействия с ней, заключающегося в перестройке карты с использованием имеющихся исходных данных; 3) поиска дополнительных сведений, если исходных данных недостаточно для решения задачи; 4) перестройка карты с использованием дополнительных сведений.

Сведения рубежи возможно пояснить аналогией исследования проекта боевой процедуры, если в существующую карту причиняются оценки, определяющие структура также размещение военных единиц.

Для уточнения подробностей состав местности, расположение и детализация некоторых объектов может уточняться. При этом Объекты на карте будут выглядеть не как точки, а как фигуры. Что при перемещении их по карте, даст возможность интерактивного взаимодействия.

Поясним особенности каждой обозначенной задачи примерами, связанными с географическими картами. При решении задачи «исследования неизведанных территорий», имея знания о «пустотах» и «наполненностях» пространства, можно построить карту, которая позволит эффективно распределить ресурсы эксперта для поиска новых знаний об исследуемом пространстве. Ярким тому примером служит карта Земли «Планисфера Кантино» [8], на которую португальцы нанесли географические знания,

полученные по результатам экспедиций Васко да Гамы, Христофора Колумба и других исследователей. Планисфера Кантино и подобные ей карты в эпоху Великих географических открытий являлись защищаемой информацией, так как давали преимущества для нахождения новых земель и организации торговых маршрутов, имевших существенное значение в хозяйственной деятельности того времени.

Для киберпространства «неизведанными территориями» являются разного рода знания как о самом киберпространстве (информационных системах и технологиях их построения), так и о субъектах и объектах информационного противоборства (хакерских группировках, вредоносном программном обеспечении, деструктивных группах социальных сетей и др.). Также представляют интерес сведения об источниках информации, содержащих подобные знания.

Например, имея информацию о картографии распространение новости методом репоста «ВКонтакте», связанной с постом «Интернет-голосование за нового президента Украины» 2014 года [9] (рис. 4). На всех иллюстрациях размером пунсона отображается количество напрямую из данного источника (шкала размеров 10-100), а цветом его тип - группа (красный) или пользователь (синий).

Из полученного результата видно, что основную роль в распространении новостей играют популярные группы/пользователи. Эффективность распространения информации репостами между обычными пользователями очень низкая. Результаты данного опроса отражают преимущественно мнение людей состоящих в одной конкретной группе, а значит имеющих достаточно схожие политические взгляды. Таким образом это голосование плохо отражает мнение всего населения Украины, но относительно репрезентативно для конкретной электоральной группы.

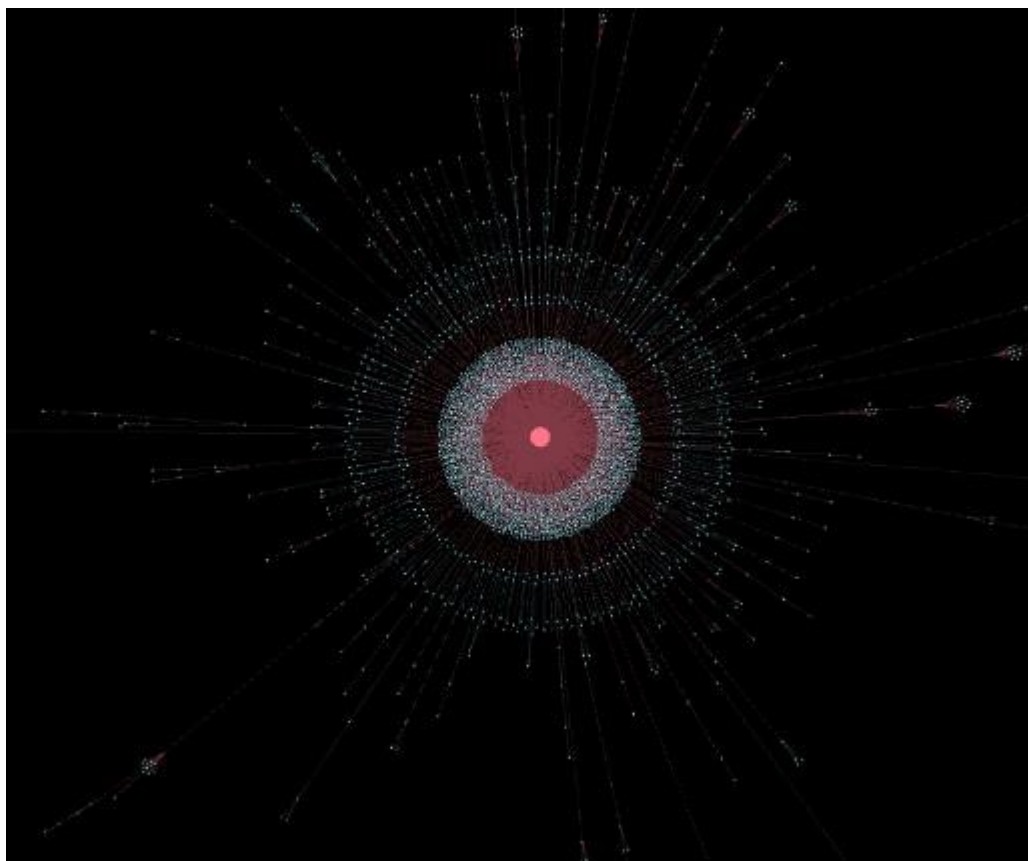


Рисунок 4 – Карта репостов голосования «вКонтакте» за нового президента Украины (3143 вершин; диаметр 5; 2463 репоста из стартовой группы; 679 - репосты репостов)

Если взглянуть на другую сторону противоборства, то также можно найти новости имеющие политический, социальный или характер иного вида, направленный на изменение сознания граждан. К примеру, на (рис. 5) показана карта распространения информации о посте «Бунт украинских военных в Донецкой области». На карте видно как можно искать схожие по тематике крупные группы - популярная новость в одной группе имеет хороший резонанс в другой.

Общий вывод вполне ожидаем:

– «ВКонтакте» удобное средство распространения информации через группы и паблики, но крайне слабо подходит для распространения через отдельных пользователей;



– результаты опросов в соц-сетях по острым темам полезны, но интерпретировать их надо очень осторожно;

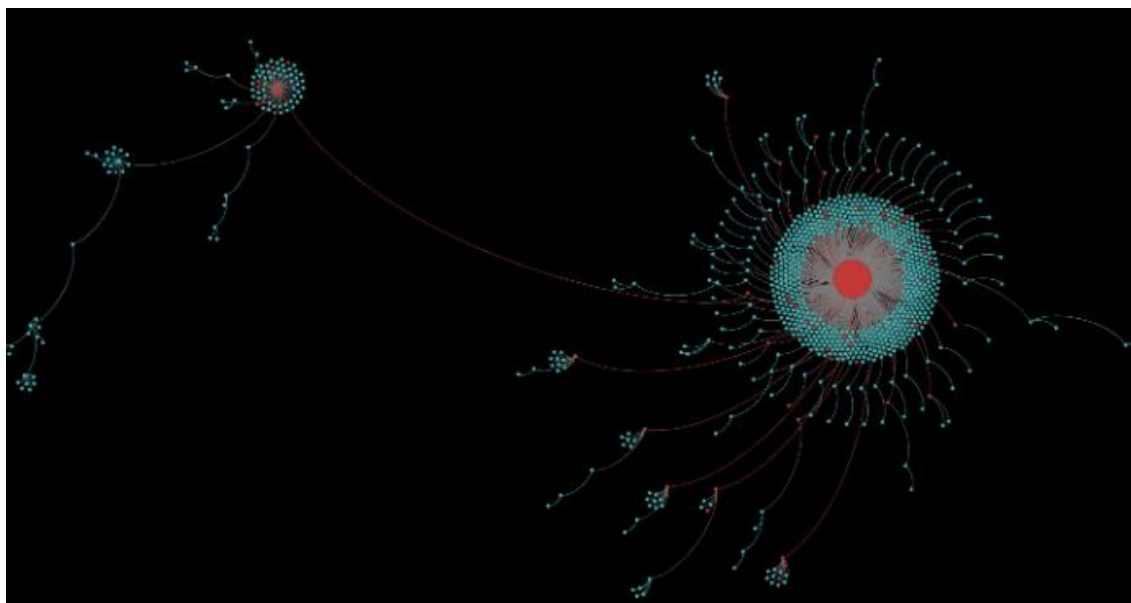


Рисунок 5 - Карта репоста новости о бунте украинских военных в Донецкой области (928 вершин; диаметр 6; 688 репостов из стартовой группы; 239 - репосты репостов)

Наложение метрики на рассмотренное выше пространство, например, путём указания расстояния между группами как значение скорости распространения информации между ними (т.е. каждому ребру поставить в соответствие значение веса, равное объёму информации сообщений в единицу времени), позволяет поставить и решить задачу «прокладки маршрута». В качестве такой задачи может выступать поиск источников первоначального распространения информации, из которых нужная информация приведёт к намеченным конечным точкам маршрута за требуемое время.

В качестве примера задачи «разработки плана операции» может служить задача моделирования влияния участников одного кластера на участников другого кластера. Использование различных динамических и

графических приёмов визуализации облегчает эксперту задачу анализа данных.

Другим примером задачи «разработки плана операции» является наблюдение за состоянием информационной системы в интересах выявления и оказания противодействия осуществляемым на неё компьютерным атакам [4].

Карта киберпространства также полезна как инструмент наглядного представления знаний о взаимоотношениях субъектов и объектов киберпространства, что позволяет быстрее (по сравнению с табличным или текстовым описанием) передать смысл некоторых свойств такого взаимодействия, а также способствует запоминанию данной информации. Например, карта, показанная на рисунке 3, позволяет быстро выявить разработчиков, использующих схожие заимствованные компоненты благодаря сведениям об устранении уязвимостей в таких компонентах.

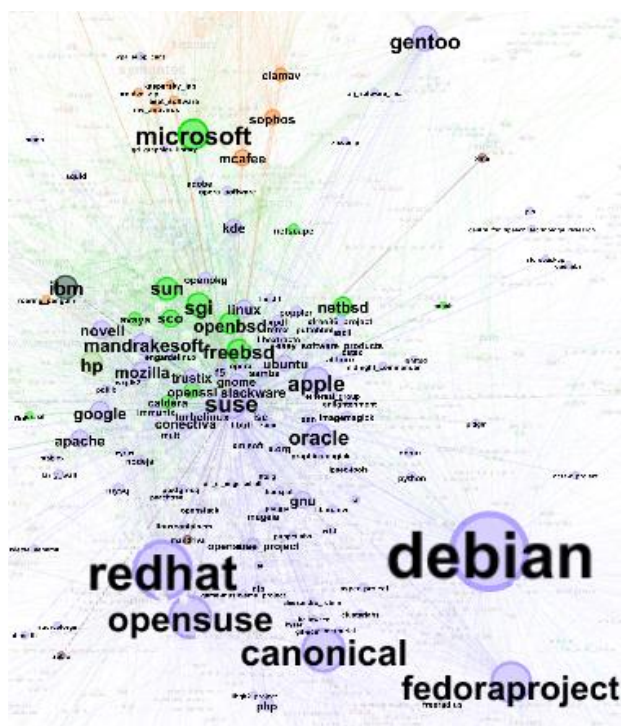


Рисунок 6 - Карта технологической близости разработчиков, построенная на основании сведений об одинаковых уязвимостях

### 1.3 Правила отображения объектов киберпространства в евклидово пространство

Правила отображения являются функцией, определяющей соответствия объектов  $O$  элементам визуализации  $V$ , расположенном в евклидовом пространстве в соответствии с компоновкой  $K$ , определяемой экспертом исходя из свойств объектов  $O$  в контексте решения задачи:

$$U = f_d(O, V, O \leftrightarrow V, K): V \rightarrow E_d, \quad (3)$$

где  $O \leftrightarrow V$  – матрица соответствия объектов  $O$  элементам визуализации  $V$ ;

$E_d$  – область евклидова пространства, определяющая место каждого элемента визуализации из множества  $V$ .

Элементами визуализации  $V$  являются изображаемые объекты, такие как точка, линия, область, надпись и др., отражающие основные особенности объектов киберпространства. Традиционно узлы обозначаются точками, а ребра – линиями. При этом для демонстрации различия типов узлов могут применять различные выразительные средства, изменяющие форму, цвет и размер узлов. В качестве узлов могут выступать картинки (например, фото пользователя или логотип компании) или текст. Параметры линий также могут варьироваться, начиная от толщины и заканчивая её кривизной. Различные области пространства могут быть выделены при помощи геометрических фигур. Также к узлам и вершинам могут быть прикреплены вспомогательные данные, характеризующие важные свойства объекта: текстовые пояснения в виде выносок, таблицы, графики, схемы и др.

Компоновка  $K$  может быть задана как система уравнений, позволяющих вычислить координаты элементов визуализации  $V$  на основании свойств  $P$  объектов  $O$  и масштаба карты  $M$ .

Традиционно под масштабом карты понимается уменьшение объектов на карте относительно их размеров на земной поверхности. Выбор масштаба напрямую связан с размером холста, на который наносится карта и определяет количество и типы различимых на нём объектов. Применительно к изображению киберобъектов аналогией холста является экран монитора со своим разрешением и размерами (параметры средства отображения T), а понятие масштаба тесно связано с количеством объектов, отображаемых на нём.

Если объектов менее 10, то они могут одновременно удерживаться в сознании. В другом случае, когда объектов 150 – 200, возможно проведение анализа общих закономерностей и связей между классами, образуемыми этими объектами, а также изучение свойств конкретных объектов путём переключения внимания с одного объекта на другой. Третья ситуация предполагает наличие нескольких тысяч объектов. Такая карта позволяет выявить лишь общие закономерности в достаточно крупных областях отображаемого киберпространства.

При решении конкретных задач данная особенность должна быть учтена, подобно тому, как учитывается масштаб морских карт в зависимости от их назначения: план-карты с масштабом 1:1000 – 1:25 000 служат руководством для заходов судов в порты, генеральные карты с масштабом 1:500 000 – 1: 5 000 000 используются для общего изучения условий перехода океаном или морем и др. [10]. Примером задач, требующих выбора собственного масштаба, являются: «анализ класса друзей пользователя» (единицы объектов), «анализ всех друзей пользователя» (несколько сотен объектов), «анализ групп социальной сети» (тысячи объектов), «анализ кластеров сообществ социальной сети» (десятки и сотни тысяч объектов).

При этом важной возможностью, которая появляется при использовании для отображения карт виртуального пространства, является интерактивное изменение масштаба. Интерактивная работа с картами,

содержащими более 10 – 50 тыс. узлов, как правило невозможна из-за ограничения вычислительных ресурсов, однако, на практике установлено, что карты с количеством узлов в районе 100 – 200 тыс. могут быть построены и проанализированы в обычном режиме за приемлемое время.

Отображаемые в двумерном или трёхмерном пространстве элементы визуализации  $V$  должны быть расположены таким образом, чтобы расстояние между ними выражало сходство и различие объектов  $O$ . Изображения похожих объектов должны быть расположены ближе друг другу, чем к изображениям объектов, от которых они отличаются, подобно тому, как дома из разных районов города располагаются на разных участках холста карты в соответствии с расстоянием между ними. Для измерения расстояний между географическими объектами используется евклидова метрика [2, 7]. В зависимости от задач исследований объектов киберпространства могут применяться и другие метрики [17].

Математической задачей размещения элементов, представленных в виде графа взаимосвязей, в двумерном или трёхмерном пространстве является укладка графа, определяющая расстояния между элементами визуализации  $V$  [12].

### 1.3.1 Способы и критерии визуализации киберпространства

Поскольку существует большое количество видов графов, применяемых в картографировании киберпространства, для их отображения используются различные способы [23]:

- произвольное:

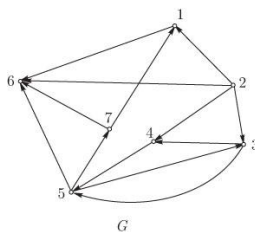


Рисунок 7 - Граф, изображенный произвольным способом

– полигональное – в нем для отображения ребер используются ломаные:

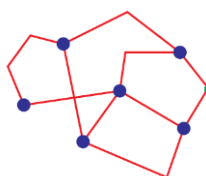


Рисунок 8 - Граф, изображенный полигональным способом

– прямолинейное – ребра изображаются отрезками:

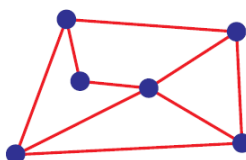


Рисунок 9 - Граф, изображенный прямолинейным способом

– ортогональное – ребра – ломаные, состоящие из вертикальных и горизонтальных отрезков:

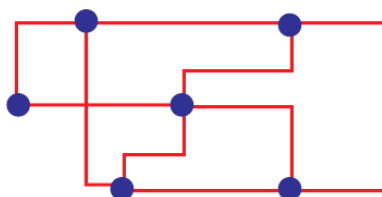


Рисунок 10 - Граф, изображенный ортогональным способом

- сеточное – вершины расположены в узлах сетки:

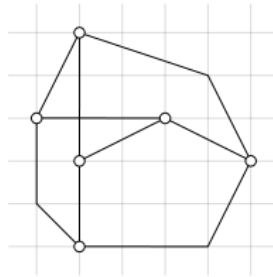


Рисунок 11 - Граф, изображенный сеточным образом

– восходящее и нисходящее – применяется для изображения ориентированных графов. Показывает «поток» - направлением движения по графу (например, сверху вниз). Также этот способ позволяет наглядно визуализировать иерархические отношения (например, генеалогическое древо) вершин:

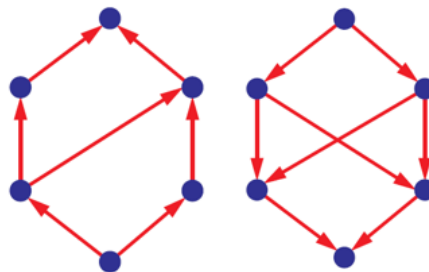


Рисунок 12 - Граф, изображенный восходящим / нисходящим способом

Помимо выбора способа визуализации графа необходимо учесть ряд эстетических критериев [23]:

- минимизация числа пересечений ребер;
- минимизация пространства занимаемого изображением графа (размеров областей графа);
- максимизация минимального угла между ребрами в графе;

- универсальность длин ребер (минимизация различий между ними);
- минимизация числа изгибов ортогональных и наклонов полигональных отображений;
- максимизация симметрии.

Чем большее число этих критериев соблюдено в ходе построения представления графа на плоскости или в трехмерном пространстве, тем доступнее будет его дальнейший анализ.

### 1.3.2 Виды укладки графов, используемые в картографировании

Наиболее распространёнными видами укладки графов являются [11]:

- многодольная укладка (Multipartite layout);
- концентрическая укладка (Circular layout);
- многослойная укладка (Layered layout);
- гравитационная укладка (ARF - Attractive and Repulsive forces layout).

Многодольная укладка представляет собой способ отображения графа, при котором объекты локализованы по двум или нескольким группам с целью демонстрации взаимосвязей между этими группами. Частным случаем многодольной укладки является двудольная укладка (узлы из двух различных групп располагаются вдоль соответствующих параллельных линий в произвольном или специальном порядке, определяемом приоритетом узла) [11].

При концентрической укладке узлы графа расположены на окружностях с общим центром в котором размещён узел, относительно которого проводится анализ. Узлы с прямыми связями по отношению к центральному узлу размещены на первой окружности. Чем слабее связи



между узлами и центральным узлом, тем дальше они располагаются [11].

Многослойная укладка схожа с концентрической, однако в ней нет привязки к центральному узлу, а узлы не обязаны располагаться на окружности. При этом сохраняется принцип близости узлов. Многослойная укладка часто используется при изображении иерархических структур [11].

Представление графов как в виде пересечения клеток, единичных кубов и единичных сфер евклидова пространства  $E_m$  можно выразить через метрику Минковского, через которую определяется расстояние между двумя узлами  $a = (a_1, \dots, a_m)$  и  $b = (b_1, \dots, b_m)$ ,  $a, b \in V$  [7]:

$$l_d(a, b) = \left( \sum_{i=1}^m |a_i - b_i|^d \right)^{1/d}, \quad (4)$$

где  $m$  – количество элементов визуализации.

Гравитационная укладка является способом отображения графа, основанным на расчёте сил «притяжения», «отталкивания» и «гравитации». Каждый узел представляет собой «физическое тело», на которое влияют другие тела.

Гравитационные способы укладки предполагают вычисление координат узлов таким образом, чтобы минимизировать интегральную оценку совокупности сил между всеми парами узлов графа, значения которых подчиняются какому-либо физическому закону (т.е. минимизировать энергию физической системы, образованной при помощи отображаемого графа).

Наиболее распространёнными моделями [12] являются пружинно-электрическая модель (spring-electrical model), в которой узлы представляют собой заряженные шарики притянутые друг к другу пружинами, и модель напряжения (stress model), предполагающая наличие пружин, соединяющих все пары вершин графа с идеально длинной пружиной, длина которых равна

длине ребра. Физические системы, определяемые такими моделями, описываются формулами (5) и (6) соответственно [12]:

$$\begin{cases} F_{\pi}(a, b) = \frac{\|x_a - x_b\|^2}{K}, a \leftrightarrow b \\ F_o(a, b) = -\frac{K^2}{\|x_a - x_b\|}, a \neq b \end{cases}, \quad (5)$$

где  $F_{\pi}, F_o$  – силы притягивания и отталкивания между элементами  $a$  и  $b$ ;

$x_a, x_b$  – координаты узлов  $a$  и  $b$ ;

$\|x_a - x_b\|$  – расстояние между узлами  $a$  и  $b$  в текущем состоянии системы;

$K$  – нормализованный вес ребра между узлами  $a$  и  $b$ ;

$$\sum_{a \neq b}^m \omega_{ab} (\|x_a - x_b\| - l(a, b))^2, \quad (6)$$

где  $m$  – количество узлов графа;

$\omega_{ab}$  – вес ребра между узлами  $a$  и  $b$ ;

$l(a, b)$  – идеальное расстояние между узлами  $a$  и  $b$ .

В таблице 1 представлены сравнительные оценки различных алгоритмов укладки графов, применимых для решения задач картографирования киберпространства.

Таблица 1 - Некоторые алгоритмы укладки, применимые для картографирования киберпространства

Название	Вид	Достоинства, недостатки и область применения алгоритма
DAG layout	Много- слойная	Показывает иерархические данные, не применим к картам с большим числом узлов. Позволяет изображать уровни данных сверху вниз
Layered layout		Показывает иерархические данные, низкая гибкость конфигурирования отображением слоёв. Позволяет изображать карты с иерархически-связанными объектами

Название	Вид	Достоинства, недостатки и область применения алгоритма
Dual Circle layout	Концентрическая	Показывает группу узлов, являющихся частью более крупной сети, могут возникать проблемы отображения больших сетей. Позволяет фокусировать внимание на небольшой группе узлов
Radial Axis layout		Показывает наборы сгруппированных данных, не применим для отображения больших сетей и межгрупповых связей, наиболее подходящий вариант для изображения связей между группами
Hiveplot layout	Многодольная	Показывает сильносвязные графы, не отражает связи между группами узлов, вдоль одной оси. Применим для анализа межгрупповых связей для карт маленького и среднего размера
Force Atlas 2	Гравитационная	Большая скорость, чем у базового алгоритма, меньшая точность по сравнению с базовым алгоритмом. Применим для анализа и обнаружения групп, а также оценки их взаимодействия
OpenOrd		Высокая скорость, применим к большим сетям, низкая точность на малых сетях. Применим для выявления топологических особенностей больших карт
Yifan Hu		Самый быстрый из гравитационных алгоритмов, плохо отображает изолированные группы. Позволяет изображать карты малого и среднего размера

При этом необходимо отметить, что карту киберпространства не следует сводить лишь к изображению графа взаимосвязей интересующих объектов. Несомненно, топология объектов является свойством такой карты, однако, то что пространство, куда отображается граф, является виртуальным, а, следовательно, позволяет внести элементы интерактивности: раскрывать дополнительные окна с графиками, описаниями и изображениями свойств объектов и связей, изменять масштаб, запрашивать дополнительные данные, менять форму изображения объектов и их расположения, осуществлять фильтрацию объектов, а также другие операции.

Для обеспечения интерактивности карта снабжается элементами управления, к которым относятся:

- панели управления отображением (изменение масштаба, стиля

объектов, качества визуализации и др.)

- панели фильтрации данных (организация слоёв, отображение или скрывание визуальных элементов и их данных);
- панели перемещения по карте (карты-врезки, проекции, каталоги объектов и др.);
- конфигуратор элементов управления.

Элементы управления могут быть реализованы в виде вкладок, всплывающих окон, рабочих панелей, кнопок, пунктов меню и других элементов.

#### 1.4 Компьютерные средства отображения карт киберпространства

Интерактивность обеспечивается использованием компьютерных средств  $T$ :

$$T = (Disp, CPU, RAM, Stor, Net, S), \quad (7)$$

где  $Disp$  – параметры экрана компьютера;

$CPU$  – ресурсы центрального процессора;

$RAM$  – объём оперативной памяти;

$Stor$  – объём хранилища данных;

$Net$  – пропускная способность вычислительной сети (необходима, если доступ к данным карты осуществляется с внешнего сервера);

$S$  – наличие устройств воспроизведения звука.

Выразительными средствами, позволяющими передать эксперту информацию, являются звуковые эффекты. Несмотря на то, что использование звука при работе с картами не является распространённым явлением, в некоторых случаях это позволяет подключить к решению задачи дополнительные каналы восприятия. Например, если эксперт осуществляет

интерактивный анализ данных в трёхмерной динамической карте пространства инцидентов безопасности информации, в которой объектами являются события, зафиксированные различными средствами защиты информации, а при помощи анимации передаётся время возникновения событий (события появляются и исчезают в реальном режиме времени по мере проигрывания анимации), то звуком можно передать появление событий, расположенных на заднем плане трёхмерного пространства («за спиной эксперта»). Кроме того, для людей с ограниченными возможностями звук может выступать заменой цвета [16].

Перспективной технологий в области работы с картами, в том числе, картами киберпространства, является технология виртуальной реальности. По заявлениям экспертов [13] стоимость технологий виртуальной реальности продолжает падать, что делает её все более доступной. В результате разработчики изучают новые способы применения виртуальной реальности. Появление таких устройств, как Microsoft HoloLens и Oculus Rift, позволяют преодолеть недостатки работы с картами в трёхмерном пространстве при помощи традиционных средств (монитора, клавиатуры и мыши). Очки виртуальной реальности позволяют погружаться в трёхмерное пространство, а не наблюдать его на экране монитора.

На данный момент существует несколько программных продуктов для анализа социальных сетей.

Таблица 2 - Сводная таблица программных систем и библиотек для проведения картографирования киберпространств

Название	Функционал	Входной формат	Выходной формат	Условия распространения
AllegroGraph	База графов. Визуализация RDF	RDF	EDF	Free и Commercial

EgoNet	Анализ эгоцентричных сетей	XML	CSV	Open Source
Gephi	Исследование и изменение графов	DOT, GML, GDF, GRAPHML, NET, GEXF, CSV, Database	GDF, GEXF, SVG, PNG	Open Source (GPL3)
GraphStream	Библиотека работы со статическими и динамическими графами	DGS, DOT, GML, Edgelist	DGS, DOT, GML, Images	Open Source
Graph-tool	Python-модуль для анализа и визуализации графов	DOT, GraphML	DOT, GraphML, BML, CANON, CMAP, EPS, FIG, GD, GD2, GIF, GTK, ICO, IMAP, CMAPX, ISMAP, JPEG, PDF, PLAIN, PNG, PS, PS2, SVG, SVGZ, TIF, VML, VMLZ, VRML, WBMP, XLIB	Free (GPL3)
Graphviz	Визуализация графов	DOT	BMP, CANON, CMAP, EPS, FIG, GD, GD2, GIF, GTK, ICO, IMAP, CMAPX, ISMAP, JPEG, PDF, PLAIN, PNG, PS, PS2, SVG, SVGZ,	Open Source (CPL)

			TIF, VML, VMLZ, VRML, WBMP, XLIB	
sigma.js	Библиотека для визуализация графов	GEXF, JSON, XML	GEXF, XML	Open Source (MITL)
Mathemati ca	Анализ графов, расчет статистических данных визуализация данных, оптимизация, распознавание изображение	Более 50 форматов	Более 50 форматов	Commerical
Wolfram Alpha	Анализ графов и временных выборок	Facebook API	Более 20 форматов	Free и Commercial

Сравнительный анализ проводился по следующим критериям: функциональность программы или библиотеки, число поддерживаемых входных и выходных форматов, поддерживаемые платформы и условия распространения.

В результате сравнительного анализа была выявлена следующие закономерности:

- подавляющее большинство ПО предназначены для выполнения на персональном компьютере;
- они требуют заранее подготовленные данные для исследования (за исключением Wolfram Alpha, который использует Facebook API);
- большинство систем унифицировано и не имеет специальных опций для анализа именно социальных сетей;
- менее половины систем сочетают в себе возможности как для визуализации, так и для анализа графов.

## Список использованных информационных источников

1. Jiang B. Mapping Cyberspace: Visualizing, Analysing and Exploring Virtual Worlds / B. Jiang, F. Ormeling // The Cartographic Journal. The World of Mapping. – 2000. – 20 p.
2. Dodge M. Atlas of Cyberspace / M. Dodge, R. Kitchin // Addison–Wesley. – 2011. – 280 p.
3. Общая статистика Интернета 2018 // Дата обновления: 17.10.2019. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://sdvv.ru/articles/elektronnaya-kommertsiya/statistika-interneta-2018-sayty-blogi-domeny-elektronnaya-kommertsiya-interesnye-tsifry-i-fakty-so-v/>
4. Берлятин А.М. Картография: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
5. Солсо Р. Когнитивная психология / Р. Солсо. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 589 с.
6. Асланикашвили А.Ф. Метакартография: Основные проблемы. – Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 125 с.
7. Бугаевский Л.М. Математическая картография. Учебник для вузов. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.
8. Gaspar J.A. From the portolan chart of the mediterranean to the latitude chart of the atlantic cartometric analysis and modeling // Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação. – Universidade Nova de Lisboa, 2010. – 268 p.
9. Распространение новости методом репоста вКонтакте в картинках / Блог пользователя с псевдонимом GOR\_QKOP // блог-платформа LiveJournal. Дата обновления: 01.04.2014. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://gor-qkop.livejournal.com/65235.html>.
10. Рульков Д.И. Навигация и лоция. – М.: Транспорт, 1973. – 232 с.
11. Cherven K. Mastering Gephi Network Visualization // Packt Publishing. – 2015. – 378 p.



12. Yifan Hu. ForceAtlas2, A Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization / The Mathematica Journal. – 2006. – 35 p.
13. Виртуальная реальность – это не только игры. / Panda Security в России // Блог компании. Дата обновления: 20.06.2019. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.securitylab.ru/blog/company/PandaSecurityRus/346552.php>.
14. Шихов А.Н. Геоинформационные системы. Методы пространственного анализа / А.Н. Шихов, Е.С. Черепанова, С.В. Пьянков // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – 2017. – 88 с.
15. Хачумов М.В. Расстояния, метрики и кластерный анализ // Искусственный интеллект и принятие решений. Том 1. – 2012. – С. 82-89.
16. Garae J. A Full-Scale Security Visualization Effectiveness Measurement and Presentation Approach / J. Garae, Ryan K. L. Ko, M. Apperley // 12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering. – New York.: IEEE, 2018. – 20 p.
17. Abbate, J. Inventing the Internet. MIT Press, Cambridge, Mass. – 1999. – 45.
18. Anders, P. Envisioning Cyberspace: Designing 3D Electronic Space. McGraw-Hill, NY. – 1998. – 68.
19. Benedikt, M. Cyberspace: first steps. MIT Press, Cambridge, Mass. – 1991. – 132.
20. Berners-Lee, T. Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by Its Inventor. HarperBusiness, New York. – 1999. – 205
21. Филиппович А.Ю. Когнитивные, концептуальные и ассоциативные карты. // Персональный блог. Дата обновления: 19.01.2011. – Электрон. дан. Режим доступа: <http://blogs.it-claim.ru/andrey/2011/01/19/cognitive-maps/>.

22. Card, S. K., Mackinlay, J. D. and Shneiderman, B. (eds) Readings in Information Visualization: Using Vision to Think. Morgan. Kaufmann Publishers, San Francisco. –1999. – 407 c.
23. I. F. Cruz, R. Tamassia, «How to Visualize a Graph: Specification and Algorithms», Tuffs University & Brown University, 1994
24. Damer, B. Avatars! Exploring and Building Virtual Worlds on the Internet. Peachpit Press, San Francisco. –1997. – 103 c.
25. Dodge, M. and Kitchin, R. Mapping Cyberspace. Routledge, London. . –200. – 77 c.
26. Dodge, M. and Kitchin, R.M. ‘Exposing the “second text” in maps of the Network Society’, Journal of Computer Mediated Communication 5(4). [http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue4/dodge\\_kitchin.htm](http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue4/dodge_kitchin.htm)>. –2000. – 202 c.
27. Hafner, K. and Lyons, M. Where Wizards Stay up Late:The Origins of the Internet. Simon and Schuster, New York. . –1996. – 18 c.
28. Harley, J. B. ‘Deconstructing the map’, Cartographica, 26, pp. 1–20. . – 1989. – 103 c.
29. Harpold,T. ‘Dark continents: critique of Internet metageographies’, Postmodern Culture, 9(2), January. Also at <[http://www.lcc.gatech.edu/~harpold/papers/dark\\_continents/index.html](http://www.lcc.gatech.edu/~harpold/papers/dark_continents/index.html)>
30. Herz, J. C. Joystick Nation. Abacus, London.
31. Acredolo, L. P. (1981). 'Small- and Large-scale Spatial Concepts in Infancy and Childhood', in Spatial Representation and Behaviour Across the Life Span, ed. by L. S. Liben, A. H. Patterson, and N. Newcombe, Academic, New York, pp. 63-81.
32. ActiveWorlds (1999). <http://www.activeworlds.com/>
33. Bertin, J. (1983). Semiology of Graphics) The University of Wisconsin Press.
34. Cheswick, B. (1999). Internet Mapping Project, <http://www.cs.bell-labs.com/-ches/map/index.html>

35. Dent, B. D. (1999). *Cartography: Thematic Map Design*; fifth edition, WCB, McGraw-Hill.
36. Freeman, L. C. (1999). *Visualising Social Networks*, <http://carnap.ss.uci.edu/vis.html>
37. Gibson, W. (1984). *Neuromancer*, Ace, New York.
38. Hall, S. S. (1992), *Mapping the Next Millennium: How Computer-driven Cartography is Revolutionising the Face of Science*, Random, New York.
39. Hillier, B., and Hanson, J., (1984). *The Social Logic of Space*, Cambridge University Press.
40. Ittelson, W. H. (1973), 'Environment Perception and Contemporary Perceptual Theory', in *Environment and Cognition*, ed. by W. H. Ittelson, Seminar, New York, pp. 1-19.
41. Jiang, B., and Ormeling, F. J., (1997). 'Cybermap: the Map for Cyberspace', in *The Cartographic Journal*, 34, 2, 111-16.
42. Meynen, E., (ed.) (1973). *Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography*, Wiesbaden.
43. Montello, D. R., (1993). 'Scale and Multiple Psychologies of Space', in *Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS*, ed. by A. U. Frank and I. Campari, Springer-Verlag, Berlin.
44. MIDS, (1999). *Matrix Information and Directory Services, Inc. (MIDS)*, <http://www.mids.org/index.html>
45. Munzner, T., Hoffman, E., Claffy, K., and Fenner, B. (1996). 'Visualising the Global Topology of the Mbone', in *Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Information Visualisation*, 28-29 October, San Francisco, CA, pp. 85-92; also <http://www-graphics.stanford.edu/papers/mbone/>
46. Nielsen, J., (1995). *Multimedia and Hypertext - The Internet and Beyond*, Academic Press, Cambridge002E