

DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(1)-6



Дополненная реальность при визуализации данных с использованием свойств «золотого» сечения

A.V. Voronin, ORCID: 0000-0002-0956-0413 <aleksey.v.v@mail.ru>

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
119333, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, к. 2

Аннотация. Дополненная реальность, как результат введения в поле восприятия данных, обеспечивающих лучшую визуализацию информации, все больше привлекает внимание специалистов в области программного обеспечения для демонстрационных комплексов и геоинформационных систем. Наглядность визуализируемой информации имеет важное значение как для работы оператора, так и пользователей информационной системы. Использование закономерностей зрительного восприятия объектов, связанных со свойствами «золотого» сечения, позволяет сформулировать критерий наглядности визуализируемых данных, характеризующий комплексное восприятие информации, отображаемой на экране видеомонитора или проекционной панели. Цель представленного в статье исследования заключается в определении критерия наглядности визуализируемых данных на основе свойств «золотого» сечения и исследования условий ее обеспечения на примере отображения метаданных на экране монитора и проекционной панели. Критерий наглядности визуализации данных определяется через коэффициент покрытия площади экрана информацией. Оптимальное значение коэффициента соответствует математическому определению «золотого» сечения. В качестве результата исследования следует выделить анализ свойств «золотого» сечения при отображении информации и определение критерия наглядности визуализации данных, что позволяет операторам и потребителям комплексно воспринимать видеоданные на электронных средствах проекции. Разработаны итерационные алгоритмы выбора масштаба отображения данных по критерию наглядности: алгоритм анализа отображаемых данных слоя на примере электронной карты и алгоритм последовательного анализа слоев. Исследовано влияние масштаба отображаемых данных на наглядность их визуализации на экранах различных размеров. Практическая ценность результатов состоит в том, что предложенный критерий представляет математическую трактовку свойства «золотого» сечения для визуализации информации на современных электронных средствах отображения данных.

Ключевые слова: геоинформационная система; электронная карта; наглядность визуализации данных; «золотое» сечение

Для цитирования: Воронин А.В. Дополненная реальность при визуализации данных с использованием свойств «золотого» сечения. Труды ИСП РАН, том 32, вып. 1, 2020 г., стр. 109-120. DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(1)-6

Augmented reality when visualizing data using «golden» section properties

A.V. Voronin, ORCID: 0000-0002-0956-0413 <aleksey.v.v@mail.ru>

The Federal Research Center «Computer Science and Control» of the RAS,
44, Cor. 2, Vavilova St., Moscow, 119333, Russian Federation

Abstract. Augmented reality, as a result of introducing into the field of perception data providing the best visualization of information, is increasingly attracting the attention of specialists in the field of software for demonstration complexes and geographic information systems. The visibility of the visualized information is important both for the work of the operator and users of the information system. Using the laws of visual perception of objects associated with the properties of the «golden» section, it is possible to formulate a visualization criterion for visualized data that characterizes the integrated perception of information displayed on the screen of a video monitor or projection panel. The purpose of the study presented in the article is to determine the visualization criterion for visualized data based on the properties of the «golden» section and study the conditions for its provision by the example of displaying of metadata on a monitor screen and projection panel. The visualization criterion is determined through the coverage coefficient of the screen area with information. The optimal value of the coefficient corresponds to the mathematical definition of the «golden» section. As a result of the study, it is necessary to highlight the analysis of the properties of the «golden» section when displaying information and the definition of the visualization criterion for data visualization, which allows operators and consumers to comprehensively perceive video data on electronic projection tools. Iterative algorithms have been developed for selecting the scale of data display by the criterion of visibility: an algorithm for analyzing the displayed layer data using an electronic map as an example and an algorithm for sequential layer analysis. The influence of the scale of the displayed data on the visibility of their visualization on screens of various sizes is investigated. The practical value of the results lies in the fact that the proposed criterion represents a mathematical interpretation of the property of the «golden» section for the visualization of information on modern electronic means of displaying data.

Keywords: geoinformation system; electronic card; demonstrativeness of data visualization «golden» section

For citation: Voronin A.V. Augmented reality when visualizing data using «golden» section properties. Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS, vol. 32, issue 1, 2020. pp. 109-120 (in Russian). DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(1)-6

1. Введение

Качество и наглядность визуализации данных определяют удобство работы оператора и потребителей услуг с современными электронными сервисами, отображающими данные на экранах портативных устройств, мониторов и проекционных панелей [1-4]. В общем случае дополненная реальность, являющаяся результатом введения в поле восприятия сервисов, улучшающих визуализацию информации, является важной частью развития инфокоммуникационного мира и, как правило, имеет дело с динамически изменяющейся отображаемой ситуацией, большим числом объектов и метаданных, которые при отображении на экране формируют сложные представления. Эти изображения не должны затруднять зрительного восприятия информации. Поэтому визуализация данных должна быть информативна и наглядна.

В широком смысле под наглядностью понимается свойство психических образов объектов познания, выражающее степень доступности и понятности этих образов для познающего субъекта [5,6]. Применительно к отображаемым видеоданным под наглядностью следует понимать возможность легкого восприятия оператором или потребителем информации на экране системы. Поскольку данные представляют изображения, формируемые расположением и размерами объектов, блоков сопроводительной и другой информации, которые отображаются на экране устройства в виде знаков соответствующего масштаба, наглядность визуализации может быть

формализована в рамках моделей зрительного восприятия и распознавания объектов по изображениям [7, 8].

В литературе по вопросам построения информационных систем основное внимание уделяется архитектуре этих систем, вопросам хранения и программным решениям обработки информации. Визуализация же данных рассматривается применительно к отдельным видам отображаемой информации [9-12].

В статье на основе анализа зрительного восприятия и распознавания объектов сформулирован подход к повышению наглядности визуализации данных – выбор параметров и структуры отображаемых видеоданных с использованием свойств «золотого» сечения. Предложен и определен критерий наглядности визуализации данных. Разработаны рекомендации по отображению большого числа объектов с разнородной информацией.

2. Анализ особенностей зрительного восприятия данных и свойства «золотого» сечения при визуализации информации

Визуализация данных на современном этапе развития предполагает отображение информации преимущественно с метаданными – сопроводительной текстовой информацией и графическими объектами. При этом сопроводительная информация чаще всего занимает значительное пространство экрана визуализационного устройства. Большинство имеющихся решений предполагают использование прозрачных или «всплывающих» форм. Отображаемые объекты и метаданные на экране формируют сложные представления разнородных данных, затрудняют восприятие отображаемой информации в целом. Для повышения наглядности отображения видеоданных необходимо учитывать объективные и субъективные закономерности зрительного восприятия объектов.

При зрительном восприятии оператор реализует структурное распознавание отображаемых объектов [6, 7]. Основными структурными признаками являются: размер, форма, цвет, тон. При структурном распознавании объекты характеризуются описанием их образа – совокупностью нескольких структурных признаков. При этом любой сложный по структуре объект можно представить в виде совокупности более простых объектов [13].

Для выполнения условий зрительного восприятия объектов и сопроводительной информации, определяемых моделью визуального распознавания, должны быть учтены особенности совместного зрительного восприятия простых объектов в составе сложных. К числу таких особенностей относится наличие «золотого» сечения, определяющего пропорции между размерами элементов объектов, при котором их изображения наилучшим образом воспринимаются человеком.

«Золотое» сечение – инструмент гармоничного восприятия образов, которое Человечество определило за историю своего развития. В качестве примеров использования пропорций «золотого» сечения в архитектуре и живописи следует привести элементы фасада Парфенона, картины Леонардо «Тайная Вечеря» и Микеланджело «Святое семейство», портрет Мона Лизы. Пример современного HiTech-дизайна – iPod фирмы Apple, банковские пластиковые карты – размеры устройства и карт пропорциональны параметрам «золотого» сечения.

Макс Билл (швейцарский скульптор, художник абстракционист, графический дизайнер) дал следующее определение искусства в математической трактовке, отражающее сущность визуализации информации с использованием свойств золотого сечения: «Математические концепции искусства не являются математикой в строгом смысле этого слова. Можно даже сказать, что было бы трудно в этом методе применить то, что мы понимаем под точной математикой. Это, скорее, сочетание ритмов и связей, законов,

имеющих личную природу в том же смысле, что и математика имеет свои инновационные элементы, рожденные умами ее первопроходцев».

Предлагается, рассмотрев «ключ к пониманию секретов совершенства в природе и искусстве», использовать свойства золотого сечения при отображении информации как решение задачи дополненной реальности при визуализации данных.

«Золотое» сечение с математической точки зрения – это иррациональное бесконечное число $\Phi = (1 + \sqrt{5})/2 = 1,618$ которое определяется из отношения $1/x = x/(1-x)$, где x – длина большего отрезка в геометрической трактовке «золотого» сечения [14]. Геометрическая трактовка «золотого» сечения состоит в делении отрезка AB единичной длины ($|AB| = 1$) точкой C на две части, при этом длина большего отрезка составляет $|BC| = x$, длина меньшего отрезка составляет $|AC| = 1-x$, и выполняется соотношение $|AB|/|BC| = |BC|/|AC|$. В процентном значении величина «золотого» сечения Φ есть отношение величин 61,8/38,2.

«Золотое» сечение присутствует в большинстве шедевров изобразительного искусства и архитектуры и гармонизирует восприятие изображений сложных объектов, чему посвящен ряд специальных исследований [15, 16]. Поэтому связанные с «золотым» сечением закономерности зрительного восприятия изображений, являясь субъективными, находят многочисленные проявления, и их целесообразно использовать при визуализации данных на электронных средствах проекции. На рис. 1 приведен «золотой» прямоугольник, как пример фигуры с параметрами «золотого» сечения в геометрии.

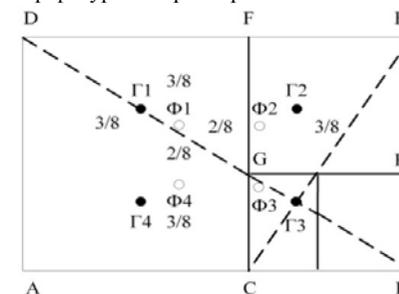


Рис. 1. «Золотой» прямоугольник
Fig. 1. «Golden» rectangle

В «золотом» прямоугольнике (рис. 1) отношение сторон (форматное отношение) равно числу Φ . Если отделить от «золотого» прямоугольника $ABDE$ квадрат $ADFC$ со стороной, равной меньшей стороне «золотого» прямоугольника, то оставшийся прямоугольник $CFEB$ тоже будет «золотым». То же самое произойдет, если от «золотого» прямоугольника $CFEB$ отделить квадрат $GFEH$, и т.д. Если провести диагонали в двух «золотых» прямоугольниках $CFEB$ и $CGHB$, то они всегда пересекаются под прямым углом. Точка пересечения диагоналей является геометрической точкой притяжения, куда уходит бесконечная последовательность получаемых «золотых» прямоугольников. В «золотом» прямоугольнике точками притяжения могут быть четыре точки $G1, G2, G3, G4$ – в зависимости от того, каким образом выделяются более мелкие «золотые» прямоугольники. Кроме того, в «золотом» прямоугольнике существуют так называемые фокусные точки или зрительные центры, расположенные на удалении $|AB|/\Phi$ и $|AD|/\Phi$ от его сторон. Таких точек также четыре: $\Phi1, \Phi2, \Phi3, \Phi4$ – они являются центрами зрительного восприятия.

Из наиболее популярных известны также «золотой» треугольник и правильный пятиугольник. «Золотой» треугольник – равносторонний треугольник, длины сторон которого равны длине стороны правильного десятиугольника, вписанного в круг, и

радиусу этого круга. Правильный пятиугольник – отношение длины диагонали к длине стороны равно числу Φ , диагонали правильного пятиугольника образуют правильную пятиконечную звезду, у которой каждый отрезок делится пересекающим его отрезком в «золотом» сечении.

Свойства «золотого» сечения могут быть положены в основу критерия наглядности визуализации данных, использование которого при отображении видеоданных позволяет улучшить субъективное восприятие информации и, как следствие, создать комфортные условия при решении прикладных задач оператору или пользователю.

3. Определение критерия наглядности визуализации данных

Визуализация информации и метаданных [17, 18] осуществляется согласно отображению числа объектов и блоков сопроводительной информации, соотношенных к каждому объекту. Для наглядного восприятия пространственной и сопроводительной информации в виде, удобном для понимания и визуального анализа, требуется отображение объектов и сопроводительной информации без затемнения (закрытия) существенных для визуального анализа элементов изображения.

Общая площадь объектов, отображаемых на экране проекционного устройства, определяется выражением

$$S_{\Sigma_{об}} = \sum_1^I X_i Y_i, \quad (1)$$

где X_i – длина i -го объекта;

Y_i – ширина i -го объекта;

I – число объектов.

Общая площадь, занимаемая на экране проекционного устройства метаданными (сопроводительной информацией) определяется как

$$S_{\Sigma_{мд}} = \sum_1^J U_j V_j, \quad (2)$$

где U_j – длина j -го блока метаданных;

V_j – ширина j -го блока метаданных;

J – число блоков метаданных.

Наиболее распространенным видом метаданных являются текстовые данные. Они выводятся на экран в виде текстовых фрагментов прямоугольной формы или выносок, отнесенных к соответствующим объектам.

Определяемые выражениями (1) и (2) общие площади, занимаемые на экране устройства отображаемыми объектами и блоками метаданных, суммируются и образуют суммарную площадь, занимаемую на экране объектами и метаданными:

$$S_{\Sigma} = S_{\Sigma_{об}} + S_{\Sigma_{мд}}. \quad (3)$$

Отношение суммарной площади, занимаемой на экране объектами и метаданными, к площади экрана назовем коэффициентом покрытия площади экрана информацией:

$$k = S_{\Sigma} / S_{\Sigma_3}, \quad (4)$$

где S_{Σ_3} – площадь экрана, определяемая его линейными размерами H_X и H_Y : $S_{\Sigma_3} = H_X H_Y$.

В соответствии с определением, коэффициент k нормирован: $0 < k < 1$.

Коэффициент покрытия площади экрана информацией k , определяемый выражением (4), влияет на визуальное восприятие (наглядность) отображаемого на экране сложного изображения, представляющего собой совокупность пространственной и сопроводительной информации. Чем коэффициент k больше и ближе к единице, тем больше закрытие объектами и метаданными подложки и насыщенность изображения в

целом. Чем коэффициент k меньше и ближе к нулю, тем меньше вероятность распознавания малоразмерных объектов на изображении и ниже информативность изображения в целом. В обоих случаях ухудшается качество зрительного восприятия изображения и снижается наглядность визуализации отображаемых данных.

Исходя из качественного анализа влияния коэффициента покрытия площади экрана информацией k на комплексное восприятие видеоданных, предлагается критерий наглядности визуализации данных с использованием свойств «золотого» сечения. Пропорции, определяемые «золотым» сечением, сопоставляются с долей площади экрана визуализирующего устройства, занимаемой отображаемыми данными. В качестве критерия наглядности визуализации данных целесообразно использовать значение коэффициента покрытия площади экрана информацией (k), близкое к 0,382. Данное значение коэффициента соответствует значению знаменателя дроби, определяющей величину Φ . В этом случае покрытие площади экрана выводимыми на него объектами и метаданными менее половины всей площади экрана и наглядность визуализации отображаемой информации высокая – имеет место наилучшее комплексное восприятие видеоданных оператором или потребителем услуги. При этом значение коэффициента, близкое к значению 0,618 числителя дроби, определяющей величину Φ , полагается предельно допустимым. В этом случае покрытие площади экрана выводимыми на него объектами и метаданными более половины всей площади экрана, комплексное восприятие видеоданных оператором или потребителями услуги затруднено. В диапазоне значений коэффициента покрытия площади экрана информацией $0,382 < k < 0,618$ в соответствии с субъективными данными качества зрительного восприятия изображений комплексное восприятие видеоданных возможно, но не наглядно. Введенный критерий наглядности отображения данных может быть использован при решении различных визуализационных задач.

В общем случае наилучшая наглядность визуализации данных в соответствии с предложенным критерием зависит от числа и геометрических размеров выводимых на экран объектов и блоков метаданных, а также размеров экрана. Коэффициент k является функцией ряда параметров:

$$k(I, X_1, \dots, X_I, Y_1, \dots, Y_I, J, U_1, \dots, U_J, V_1, \dots, V_J, H_X, H_Y) = \frac{S_{\Sigma_0}(I, X_1, \dots, X_I, Y_1, \dots, Y_I) + S_{\Sigma_{мд}}(J, U_1, \dots, U_J, V_1, \dots, V_J)}{S_{\Sigma_3}(H_X, H_Y)} \quad (5)$$

Для наглядности на рис. 2 представлена визуализация данных на экране монитора в соответствии с предложенным критерием при $k > 0,618$ (рис. 2а) и $k < 0,382$ (рис. 2б).

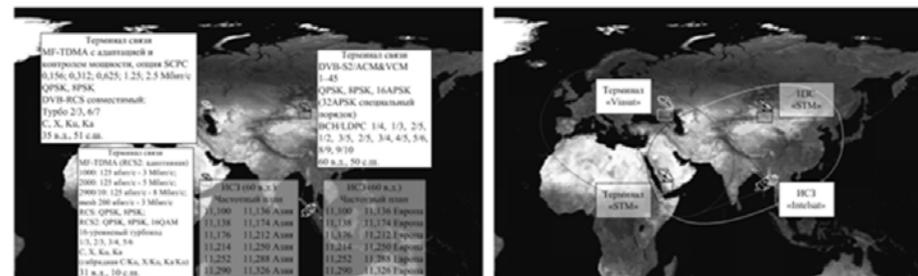


Рис. 2. Визуализация данных на экране монитора: а) $k > 0,618$; б) $k < 0,382$

Fig. 2. Visualization on the monitor screen: а) $k > 0,618$; б) $k < 0,382$

Определение коэффициента k в соответствии с его зависимостью от параметров отображаемых на экране объектов, блоков метаданных и размеров экрана (выражение (5))

и обеспечение наилучшей наглядности визуализации данных в соответствии с пропорциями «золотого» сечения ($k \approx 0,382$) целесообразно алгоритмизировать.

4. Алгоритмы выбора масштаба отображения данных по критерию наглядности

На основе проведенного анализа свойств «золотого» сечения и введенного критерия наглядности визуализации данных с использованием свойств «золотого» сечения разработаем последовательность действий и счетную процедуру, определяющие алгоритм выбора масштаба отображения данных по критерию наглядности на примере отображения информации на устройстве визуализации в геоинформационной системе, как наиболее сложной с визуализационной точки зрения среди информационных систем.

В основе выбора масштаба отображения видеоданных лежит анализ зависимости коэффициента покрытия площади экрана информацией от геометрических параметров отображаемых на экране геообъектов, блоков метаданных и размеров экрана, определяемого выражением (5). Совокупность параметров, от которых зависит коэффициент k , может быть объединена понятиями структуры геообъектов и метаданных.

Вследствие зависимости коэффициента покрытия площади экрана информацией k от большого числа параметров $(l, X_1, \dots, X_l, Y_1, \dots, Y_l, J, U_1, \dots, U_l, V_1, \dots, V_l, H_X, H_Y)$ выбор масштаба отображения видеоданных осуществляется итерационно в результате последовательной трансформации структуры геообъектов и метаданных с поиском сочетания параметров, обеспечивающих достижение выбранного критерия наглядности визуализации данных. Основными этапами выбора масштаба отображения видеоданных являются следующие действия.

1. Определение слоя (слоёв), выводимых на экран данных и перечень отображаемых геообъектов.
2. Определение отображаемых метаданных (сопроводительной информации), соотнесенной к каждому отображаемому геообъекту.
3. Расчет суммарной площади геообъектов, выводимых на экран с учетом масштаба карты.
4. Расчет суммарной площади блоков метаданных, выводимых на экран, с учетом их пространственных размеров.
5. Определение суммарной площади, занимаемой на экране геообъектами и метаданными.
6. Расчет коэффициента покрытия площади экрана информацией для заданного размера экрана.
7. Сравнение рассчитанного значения коэффициента с критериальным значением, соответствующим выполнению критерия наглядности визуализации данных.
8. Трансформация структуры геообъектов и метаданных, если значение коэффициента k отличается от критериального значения, соответствующего выполнению критерия наглядности визуализации данных. Повторяется выполнение этапов 3–7 до выполнения критерия наглядности визуализации данных.
9. Соответствие структуры геообъектов и метаданных выбранному масштабу наглядного отображения, если значение коэффициента k совпадает с критериальным значением, соответствующим выполнению критерия наглядности визуализации данных.
10. Использование выбранной структуры геообъектов и метаданных, определяющей масштаб отображения данных для работы оператора или потребителей ГИС-услуги.

Практически для выполнения алгоритма целесообразно задавать диапазон значений коэффициента k . Это может быть либо диапазон значений $0,382 - \Delta k < k < 0,382 + \Delta k$ в

окрестности «золотого» сечения, где Δk – допустимое отклонение от оптимального с точки зрения комплексного восприятия данных, либо диапазон значений $0,382 < k < 0,618$, в котором комплексное восприятие возможно, но недостаточно наглядно.

Рассмотренный алгоритм является базовым. На практике целесообразно его применять последовательно в несколько проходов для каждого слоя отображаемых геообъектов, причем каждый последующий слой рассматривается совместно с уже рассмотренными слоями, и оптимальная структура геообъектов и метаданных выбирается для совокупности слоев, рассматриваемых на данном проходе. При использовании для отображения геообъектов L -слоев общее число проходов составляет L . На первом проходе рассматривается один слой, на втором проходе – два слоя и т.д., на последнем проходе – L слоев. Основными этапами выбора масштаба отображения видеоданных с последовательным рассмотрением слоев на каждом l -ом проходе ($l = 1, 2, \dots, L$) являются следующие действия.

1. Определение слоёв выводимых данных и перечень отображаемых геообъектов.
2. Определение отображаемых геообъектов l -го слоя.
3. Определение отображаемых метаданных (сопроводительной информации), соотнесенных к каждому отображаемому геообъекту l -го слоя.
4. Анализ геообъектов и метаданных, относящихся к l -му слою, если $l = 1$.
5. Анализ совокупности геообъектов и метаданных l слоев, если $1 < l \leq L$ (геообъекты и метаданные, относящиеся к l -му слою, объединяются с геообъектами и метаданными, которые анализировались, и для которых была выбрана структура на предыдущем $(l - 1)$ -ом проходе).
6. Расчет суммарной площади совокупности анализируемых на l -ом проходе геообъектов, выводимых на экран.
7. Расчет суммарной площади совокупности анализируемых на l -ом проходе блоков метаданных, выводимых на экран.
8. Определение суммарной площади, занимаемой на экране совокупностью анализируемых на l -ом проходе геообъектов и метаданных.
9. Расчет коэффициента покрытия площади экрана информацией для заданного размера экрана.
10. Сравнение полученного значения коэффициента k для совокупности анализируемых на l -ом проходе геообъектов и метаданных с критериальным значением, соответствующим выполнению критерия наглядности визуализации данных.
11. Трансформация структура совокупности анализируемых на l -ом проходе геообъектов и метаданных, если значение коэффициента k отличается от критериального значения, соответствующего выполнению критерия наглядности визуализации данных. Повторяется выполнение этапов 5–10 до выполнения критерия наглядности визуализации данных.
12. Соответствие выбранной совокупности анализируемых на l -ом проходе геообъектов и метаданных масштабу наглядного отображения видеоданных, если значение коэффициента k совпадает с критериальным значением, соответствующим выполнению критерия наглядности визуализации данных.
13. Повтор выполнение этапов 4–12 с совместным анализом найденной совокупности геообъектов и метаданных для l слоев и геообъектов и метаданных, относящихся к $(l + 1)$ -му слою, если $1 \leq l < L$.
14. Соответствие выбранной структуры геообъектов и метаданных L слоев масштабу наглядного отображения видеоданных, если $l = L$.
15. Использование выбранной структуры геообъектов и метаданных, определяющей масштаб отображения данных для работы оператора или потребителей ГИС-услуги.

Преимущества данного алгоритма с последовательным рассмотрением на каждом проходе различных слоев отображаемых данных по сравнению с базовым алгоритмом, на основе которого он построен, заключаются в ускорении поиска оптимальной структуры геообъектов и метаданных, в оперативной результативности промежуточной и итоговой визуализации.

При введении дополнительных условий выполнения каждого прохода и промежуточной визуализации результатов выполнения алгоритма на каждом проходе алгоритм позволяет выполнять оптимизацию послойной и поэлементной визуализации данных. Это позволяет оператору (потребителю) оперативно получать представление об интересующих его объектах с наглядным отображением данных в удобном для комплексного восприятия виде.

Как и при выполнении базового алгоритма, для выполнения алгоритма с последовательным рассмотрением различных слоев отображаемых данных целесообразно задавать диапазон значений коэффициента k либо в виде диапазона допустимых отклонений в окрестности «золотого» сечения, либо в виде диапазона значений, в котором комплексное восприятие видеоданных возможно, но недостаточно наглядно.

5. Исследование условий обеспечения наглядности визуализации данных с использованием свойств «золотого» сечения на экранах различных размеров

В соответствии с разработанным критерием наглядности визуализации данных при использовании свойств «золотого» сечения проведено исследование условий обеспечения наглядности визуализации данных. Анализировались зависимости коэффициента покрытия площади экрана информацией от числа и геометрических параметров отображаемых на экране объектов и блоков метаданных, а также размеров экрана. Расчеты коэффициента k проводились в соответствии с выражениями (1)–(5) для различных сочетаний параметров объектов и блоков метаданных.

На рис. 3 представлены графики зависимости коэффициента покрытия площади экрана информацией от размера экрана визуализирующего устройства, характеризуемого номером варианта размера экрана n , при различных значениях объектов I и блоков метаданных J .

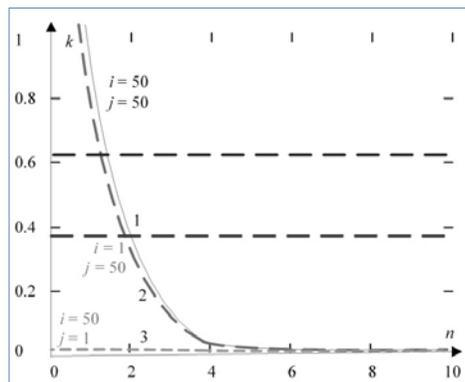


Рис. 3. Зависимости коэффициента покрытия площади экрана информацией от размера экрана визуализирующего устройства
Fig. 3. Dependences of the information coverage coefficient of the screen area of the screen size of the visualizing device

Значения линейных размеров экрана H_x и H_y для рассмотренных вариантов $n = 1, \dots, 10$ приведены в табл. 1.

Табл. 1. Размеры экрана визуализирующего устройства
Table 1. Screen sizes of the visualizing device

Вариант, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H_x , м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
H_y , м	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0

Полагалось, что площадь изображения каждого объекта $S_{0i} = 2 \text{ мм}^2$, а площадь изображения каждого блока метаданных $S_{Мдi} = 25 \text{ см}^2$ (размер блока метаданных $5 \times 5 \text{ см}$). Кривая 1 соответствует $I = 50, J = 50$; кривая 2: $I = 1, J = 50$; кривая 3: $I = 50, J = 1$, штриховыми линиями показаны уровни, соответствующие значениям коэффициента покрытия площади экрана информацией $k = 0,382$ и $k = 0,618$.

Доминирующее влияние на значения коэффициента k оказывает число блоков метаданных вследствие достаточно большого размера площади блоков по сравнению с размером площади объектов. В результате значения коэффициента k в случаях, когда $I = 50, J = 50$ и $I = 1, J = 50$, отличаются незначительно. С увеличением площади экрана $S_3 = H_x H_y$ величина коэффициента k уменьшается, что свидетельствует о нецелесообразности увеличения размеров экрана, на которых отображаемые объекты и блоки метаданных занимают небольшую площадь. В рассмотренном случае при малом объеме метаданных ($I = 50, J = 1$) значения коэффициента k невелики и существенно меньше оптимального значения $k = 0,382$, соответствующего «золотому» сечению, а при большом объеме метаданных ($I = 50, J = 50$ и $I = 1, J = 50$) значения коэффициента k , близкие к оптимальному значению $k = 0,382$, имеют место для варианта $n = 2$ ($S_2 = 0,4 \times 0,8 \text{ м}$), близкого к параметрам экрана монитора ПЭВМ. В то же время для варианта $n = 1$ ($S_1 = 0,2 \times 0,4 \text{ м}$), близкого к параметрам экрана портативного ноутбука, при большом объеме метаданных имеет место $k > 0,618$, что соответствует условиям, когда комплексное восприятие видеоданных затруднено.

Таким образом, с точки зрения наглядности визуализации данных и комплексного восприятия видеоданных во всех рассмотренных случаях нецелесообразно использование визуализационных экранов больших размеров, которым соответствуют варианты $n = 5, \dots, 10$. Они могут использоваться лишь как средство отображения информации для коллективного пользования. При большом объеме метаданных также нецелесообразно использование портативных ноутбуков с экранами малых размеров, которым соответствует вариант $n = 1$, поскольку при этом существенно затрудняется восприятие видеоданных. Следует отметить, что при анализе не учитывались форматы (виды) отображения изображений на экране отображающего устройства, характеризуемые соотношением числа пикселей по каждому линейному размеру экрана [19]. При задании формата отображения изображения и размера пиксела визуализирующего устройства достижимые значения коэффициента покрытия площади экрана информацией k могут быть уточнены, однако общие рекомендации о выборе размера экрана и структуры отображаемых объектов и метаданных следуют уже из результатов проведенных исследований.

6. Заключение

Для оценки наглядности визуализации данных (дополненная реальность в информационных системах) предложен критерий, использующий свойства «золотого» сечения и характеризующий возможности комплексного восприятия данных, отображаемых на экране визуализирующего устройства. Связанные с «золотым» сечением закономерности зрительного восприятия изображений, являясь субъективными,

находят многочисленные проявления как в искусстве так и точных науках, и их целесообразно использовать при визуализации данных.

В качестве показателя наглядности визуализации определен коэффициент покрытия площади экрана информацией, значение которого в соответствии с выведенным критерием целесообразно выбирать близким к 0,382, что соответствует математическому определению «золотого» сечения. Практически следует задавать диапазон значений коэффициента как в виде допустимых отклонений в окрестности «золотого» сечения так и в виде значений, при которых комплексное восприятие информации возможно, но уже недостаточно наглядно.

Величина коэффициента покрытия площади экрана информацией зависит от геометрических параметров отображаемых объектов, блоков метаданных и размеров экрана. Условию наилучшей наглядности визуализации соответствует определенный масштаб отображения видеоданных и соответствующая ему структура объектов и метаданных.

Разработан базовый алгоритм выбора масштаба отображения видеоданных по критерию наглядности, использующий свойства «золотого» сечения. На его основе сформирован алгоритм выбора масштаба отображения видеоданных с последовательным анализом слоев отображаемых данных.

Исследованы условия обеспечения наглядности визуализации данных в соответствии с предложенным критерием. Для различного числа отображаемых объектов и метаданных проанализирована наглядность их визуализации на экранах различных размеров. Сделаны выводы и рекомендации по выбору размера экрана визуализирующего устройства и структуры отображаемых объектов и метаданных.

Полученные результаты свидетельствуют о выполнении целевой установки исследования – определении критерия наглядности визуализируемых данных на основе свойств «золотого» сечения и исследования условий ее обеспечения на примере отображения данных на экране монитора и проекционной панели. Полученные результаты целесообразно использовать при проектировании и разработке дополненной реальности в информационных системах, а также при создании и сопровождении программных средств прикладного назначения.

Список литературы / References

- [1] Геоинформатика: в 2-х кн. Под ред. В.С. Тикунова. М., Издательский центр «Академия», 2010 г., кн. 1, 400 стр., кн.2, 432 стр. / Geoinformatics: in 2 vol. Tikunov V.S., ed. M., «Academy», 2010, vol. 1, 400 p., vol. 2., 432 p. (in Russian).
- [2] Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М., Кудич-Пресс, 2009 г., 272 стр. / Zhurkin I.G., Shaitura S.V. Geographic information systems. M., Kudic-Press, 2009, 272 p. (in Russian).
- [3] Шокин Ю.И., Потапов В.П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения. Вычислительные технологии, № 5, 2015 г., стр. 175–213 / Shokin Y.I., Potapov V.P. GIS today: state, prospects, solutions. Computing technology, № 5, 2015, pp. 175–213 (in Russian).
- [4] Воронин А.В. Результаты анализа перспектив развития геоинформационных систем // Системы высокой доступности, №4, 2017 г., стр. 68–75 / Voronin A.V. Results of analyzing geoinformation systems perspectives. High availability systems, 2017, № 4, pp. 68–75 (in Russian).
- [5] Михайлов А.Ю. Принцип наглядности. От традиции к инновации в обучении. Lambert Academic Publishing, 2012 г., 84 стр. / Mikhailov A.Y. Principles of visibility. From tradition to innovation in education. Lambert Academic Publishing, 2012, 84 p. (in Russian).
- [6] Трофимов Е.А. Эргономика зрительного восприятия. М., Актуальные издательские решения, 2013 г., 192 стр. / Trofimov E.A. Ergonomics of visual perception. M., Actual publishing solutions, 2013, 192 p. (in Russian).
- [7] Marr D. Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. MIT press, 2010, 428 p.

- [8] Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. М., Вузовская книга, 2001 г., 320 стр. / Krasilnikov N.N. Digital image processing. M., University book, 2001, 320 p. (in Russian).
- [9] Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М., КДУ, 2008 г., 422 стр. / Lurie I.K. Geographic information mapping. M., KDU, 2008, 422 p. (in Russian).
- [10] Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки. Под ред. Р.М. Юсупова и В.В. Поповича. СПб., Наука, 2013 г., 284 стр. / Intelligent geographic information systems for marine monitoring. Yusupov R.M., Popovich V.V., eds. SPb., Science, 2013, 284 p. (in Russian).
- [11] Матерухин А. В. Проблематика создания ГИС на основе систем управления потоками данных. Геодезия и картография, №4, 2017 г., стр.44–47 / Materukhin A.V. Problems of creating GIS based on data flow control systems. Geodesy and cartography, № 4, 2017, pp. 44–47. (in Russian).
- [12] Воронин А.В., Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. Особенности оценки эффективности геоинформационной системы как элемента ситуационного центра. Системы и средства информатики, № 2, 2018 г., стр. 75–87 / Voronin A.V., Zatsarinny A.A., Iononkov Y.S. The features of efficiency evaluation of a geoinformation system as element of a situational center. Systems and means of informatics, № 2, 2018, pp. 75–87 (in Russian).
- [13] Воронин А.В., Мальцев Г.Н., Сохен М.Ю. Наглядность визуализации данных в геоинформационной системе при использовании свойств золотого сечения. Информационно-управляющие системы, № 6, 2018 г., стр. 46–57 / Voronin A.V., Maltsev G.N., Sokhen M.Y. Data visualization quality in a geographic information system using golden ratio properties // Information management systems, № 6, 2018, pp. 46–57 (in Russian).
- [14] Гулина Ю.С., Колочкин В.Я. Методика расчета вероятности распознавания изображений человеком-оператором. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение, № 1, 2012 г., стр. 100–107 / Gulina Y.S., Koluchkin V.J. Methodology for calculating the probability of image recognition by a human-operator // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrumentation, 2012, № 1, pp. 100–107 (in Russian).
- [15] Короленько П. В., Грушина Н. В. Золотое сечение и самоподобные структуры в оптике. М., УРСС, 2010 г., 136 стр. / Korolenko P.V., Grushina N.V. Golden section and self-similar structures in optics. M., URSS, 2010, 136 p. (in Russian).
- [16] Ковалев Ф.В. Золотое сечение в живописи. М., РИП-Холдинг, 2016 г., 192 стр. / Kovalev F.V. Golden ratio in painting. M., RIP-Holding, 2016, 192 p. (in Russian).
- [17] Косиков А.Г., Ушакова Л.А. Виртуальные геоизображения пространственно-временных моделей окружающей среды. Геодезия и картография, № 5, 2016 г., стр. 43–51 / Kostikov A.G., Ushakova L.A. Virtual geoinformation images of spatio-temporal models of the environment. Geodesy and cartography, № 5, 2016, pp. 43–51 (in Russian).
- [18] Мироненко А.Н., Радионов В.А. Структура и основные свойства цифровой модели местности с координатной идентификацией топографической информации. Геодезия и картография, № 9, стр. 37–41 / Mironenko A.N., Radionov V.A. Structure and basic properties of a digital terrain model Geodesy and cartography, with coordinate identification of topographic information. Geodesy and cartography, № 9, 2017, pp. 37–41 (in Russian).
- [19] Мальцев Г.Н., Сазонов К.В., Панкратов А.В. Метод обнаружения начальных кадров видеопотока. Вопросы радиоэлектроники. Серия Техника телевидения, вып. 1, 2016 г., стр. 31–37 / Maltsev G.N., Sazonov K.V., Pankratov A.V. Method for detecting the initial frames of a video stream. Issues of radio electronics. Series Television technique, issue 1, 2016, pp. 31–37 (in Russian).

Информация об авторе/ Information about author

Алексей Владимирович ВОРОНИН – кандидат технических наук, доцент. Сфера научных интересов: алгебраический и интеллектуальный анализ, алгоритмизация процессов, нейрокомпьютерные технологии, цифровая обработка сигналов, методы защиты информации, дополненная реальность в геоинформационных системах.

Aleksey Vladimirovich VORONIN – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. Research interests: algebraic and intellectual analysis, process algorithms, neurocomputer technologies, digital signal processing, information protection methods, augmented reality in geographic information systems.