

# ТЕКСТЫ, КОНТЕКСТЫ, УНИВЕРСУМЫ В ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗАХ И ЯЗЫКАХ

**Ю.Р. Валькман**

*Международный научно-учебный Центр ЮНЕСКО Информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины  
Украина, 03680, Киев-680, ГСП, пр. академика Глушкова, 40,  
e-mail: yur@valkman.kiev.ua*

**Ю.Н. Книга**

*Международный научно-учебный Центр ЮНЕСКО Информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины  
Украина, 03680, Киев-680, ГСП, пр. академика Глушкова, 40,  
e-mail: Yuriy.Kniga@operu.pib.com.ua*

**Ключевые слова:** диалог, компьютерная лингвистика, прикладная семиотика, графический образ, графический язык, текст, контекст, компьютерная графика, графический интерфейс.

Понятие текста ГО базируется на категории «синтаксическая схема». Анализируются такие свойства текста ГО как «связность», «законченность», «единство содержания», «инвариантность». Рассматриваются инвариантные преобразования вербального текста в ГО, взаимные отображения ГО. Вводятся понятия изоморфизма, гомоморфизма, гомеоморфизма ГО. Контекст определяется как компонента графического высказывания, необходимая для точной его интерпретации. Выделяются явный и неявный контексты. Определяются базовые контексты для построения ГО. К ним относятся такие структуры, как «нотный стан», «система координат», «таблица» и т.д. Эти структуры формализуются как синтаксические схемы с соответствующими отношениями. Исследуются множества–универсумы в графических языках.

Компьютерная графика все интенсивнее используется в информационных технологиях. Однако ее резервные возможности еще далеко не исчерпаны.

Для построения выразительных графических образов (ГО) и создания эффективных графических языков (ГЯ) необходима разработка соответствующих теоретико-методологических основ. С нашей точки зрения, сложность создания такой базовой для компьютеризации теории обусловлена тем, что графический интерфейс относится к невербальным аспектам диалога. Данные исследования являются продолжением работ [1–5].

## 1. Некоторые базовые определения

Ввиду многоаспектности и полного отсутствия общепринятых дефиниций понятий «*графический образ*» и «*графический язык*», введем рабочие определения этих категорий.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** *Под ГО будем понимать модель представления некоторого объекта, построенную с помощью графических средств.*

Объектом будем считать любую сущность, для которой можно синтезировать модель. Модель интерпретируется как это принято в математике — множество  $M$  с заданным на нем набором отношений  $R$ . А графические средства трактуются весьма широко, но, в основном, это — графемы (графические примитивы) и правила их построения, сочленения, наложения, расположения и других операций синтеза ГО. Такое понимание графических средств приближает их к семиотической системе и к формальному языку со своим алфавитом (словарем графем) и синтаксисом. Понятие ГО анализировалось в работе [5].

Краткое определение понятия языка дать вообще весьма трудно (см. множество лингвистических словарей и энциклопедий). Поэтому в качестве основы мы использовали словарь логики [6] и выделили четыре сокращенные трактовки этого понятия.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2. Графический язык — это:**

- 1) Система выражения мыслей графическими средствами, способами.
- 2) Совокупность графических средств выражения в творчестве (живописи, видеодизайне и т.д.).
- 3) Способность передавать, отображать, получать информацию, данные, знания в графической форме.
- 4) Система знаков, кодирующих и передающих информацию, данные, знания (естественный язык (ЕЯ), язык математики, музыки, химии, UML и т.д.).

Часто границу между ГО и ГЯ провести трудно, так как практически всегда для построения ГО используются какие-либо графические средства, которые можно считать, по крайней мере, элементами некоторого графического языка.

Для дальнейшего исследования графических средств представляется целесообразным ввести и использовать термины лингвистики «текст» и «контекст» ГО.

## 2. Тексты графических образов

Определение текста дано, в частности, в энциклопедии [7]. Мы выбрали из него только один аспект, с нашей точки зрения, релевантный понятиям ГО и ГЯ.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3. Текст (от лат. *textus* — ткань, соединение) — любая последовательность знаков, построенная по правилам данной системы языка.**

Но в отличие от ЕЯ-текстов, «тексты ГО» могут располагаться не только линейно-последовательно, но и в любом порядке на плоскости. Здесь необходимо подчеркнуть «плоский» характер представления ГО (независимо от того используется бумага, экран дисплея, телевизора или какой-нибудь другой носитель информации). Третье измерение в ГО всегда порождается воображением «зрителя», посредством использования соответствующих выразительных графических средств.

Из этого следует важнейшее свойство ГО (которое часто используется неявно): в распоряжении создателя ГО всегда только две координаты ( $X$  — горизонталь и  $Y$  — вертикаль) для расположения знаков, из которых состоит текст.

Автор ГО, конечно, может на плоскости создать практически любые структуры. Но еще до расстановки конкретных знаков нужно определить *позиции* (места), где «разрешается» (соответствующим языком) и/или планируется автором ставить *знаки* (и какие) и *отношения* между этими местами. Так, например, структура таблицы определяется тем, что между местами в таблице существуют два отношения порядка: «горизонтальное» и «вертикальное», то же касается и декартовой системы координат. В полярной системе координат также две упорядоченности мест для знаков ГО, но другие. Вообще, заметим, в «математических ГО» отображаемые знаки это — точки (в основном), а сложность структуры ГО обусловлена синтаксическими зависимостями, представленными в отражаемых объектах (формулах). Это является следствием высокой абстрактности объектов этой науки. В структуре нотного стана тоже можно выделить два отношения порядка. Однако не любой знак из алфавита графом можно ставить в «ячейки» (места) построенных структур. Например, нотный стан должен начинаться скрипичным или басовым ключом, строки и столбцы таблицы надо идентифицировать (заметим, а в матрице — нет), координатные оси — именовать и масштабировать и т.д. Таблицы иногда имеют весьма сложные структуры. Таким образом, отношений между позициями структуры ГО может быть значительно больше двух.

Поэтому целесообразно эти «места» рассматривать как элементы множества  $M$ , на котором определена система отношений, и назвать полученную структуру плоскости представления ГО его топологией. Введем (на основе [8]) следующее

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 4.** Синтаксической схемой топологии ГО  $S = \langle M, R_1, \dots, R_n \rangle$  называется множество  $M$  с заданными на нем отношениями  $R_1, R_2, \dots, R_n$ .

Множество  $M$  (мест, позиций, «ячеек» плоскости ГО) вслед за Шрейдером Ю.А. [8] назовем *несущим множеством*.

Пусть теперь зафиксировано множество  $G$ , которое мы будем называть алфавитом графем [5] данного графического языка.

Тогда отображение  $\varphi: M \rightarrow G$  можно интерпретировать как расстановку графем на местах: каждому месту (элементу множества  $M$ ) сопоставляется некоторая графема (знак алфавита  $G$ ).

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 5.** Текстом ГО  $T_{ГО} = \langle S, \varphi \rangle$  называется синтаксическая схема  $S$  с заданным отображением  $\varphi$  несущего множества  $M$  в алфавит  $G$ .

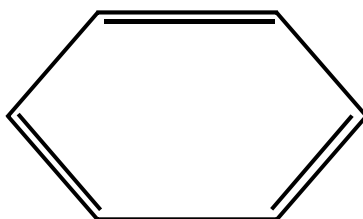
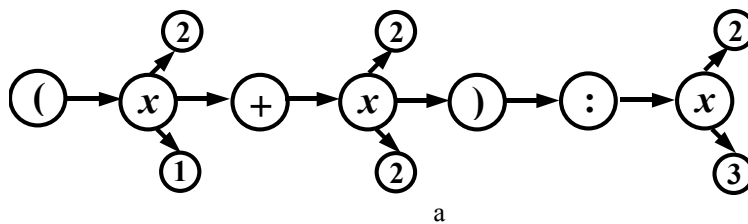
Рассмотрим примеры текстов ГО.

**Пример 1.** Пусть  $G$  — алфавит, составленный из латинских и греческих букв, цифр и алгебраических знаков (Скобки и знаки операции). Введем отношения  $R_1, R_2, R_3$ , имеющие следующие содержательные интерпретации:  $R_1$  — «непосредственно следовать»,  $R_2$  — «стоять над, быть верхним индексом»,  $R_3$  — «стоять под, быть нижним индексом».

Тогда любая алгебраическая формула может рассматриваться как текст с соответствующей синтаксической схемой. Например, формула  $(x^2 + x^2) : x^2$  имеет синтаксическую структуру, представленную на рис. 1а.

**Пример 2.** Пусть  $G$  — множество цифр и химических элементов. Текстами ГО здесь являются обычные линейные химические формулы типа  $H_2O$  или  $C_5H_5OH$ .

**Пример 3.** Пусть теперь алфавит  $G$  состоит из текстов предыдущего вида. Синтаксическая схема имеет вид  $S = \langle M, R_1, R_2, \dots \rangle$ , где  $R_1, R_2, \dots$  — отношения, интерпретируемые как типы химических связей. При этом для любой пары элементов из  $M$  может выполняться только одно из отношений  $R_1, R_2, \dots$ , тогда, например, ГО (см. рис. 1б) кольца — синтаксическая схема с двумя типами отношения валентности. Тем самым задается целый класс текстов ГО, имеющих вид структурных формул органической химии.



### Рис. 1. Примеры текстов ГО

Можно строго определить ГО для табличного представления данных, иерархических структур, диаграмм языка UML, трехмерных изображений анализируемых процессов (см. графику в Microsoft Office), многомерных представлений (см. например, графические методы анализа информации в DATA MINING и KNOLEDGE DISCOVERY [9]) и т.д.

Приведем некоторые выводы.

- 1) Синтаксические схемы текстов ГО, в отличие от ЕЯ-текстов (имеющих явно только одно отношение — линейного порядка слов во фразе), содержат не менее двух (а практически всегда, более) отношений.
- 2) Эти отношения отражают не только порядок следования, но и другую семантику расположения графем, их сочленения, отображения в ГО.
- 3) Некоторые синтаксические схемы текстов ГО в значительной степени определяют порядок «чтения» (анализа, интерпретации, процесса понимания) графических образов.
- 4) Часто тексты ГО одного класса выступают в роли алфавита (словаря, множества  $G$ ) графем для синтеза ГО другого класса (см. примеры 2, 3 и примеры в [6]). Эти классы, конечно, семантически связаны, по крайней мере, интерпретацией соответствующих графем.
- 5) Уровень сложности графического языка можно, видимо, измерить числом графем во множестве  $G$  и числом отношений синтаксической схемы топологии ГО.

Нельзя, при этом, считать, что «простой ГЯ» не позволяет строить сложные «*семантически насыщенные*» ГО. Примеры: графика в математике или музыкальная нотация.

Для «хороших» текстов ГО (как и для лингвистических текстов) должны быть характерны:

- 1) *Единство содержания.*
- 2) *Связность.*
- 3) *Законченность.*
- 4) *Инвариантность.*

Можно было бы добавить еще такие желательные качества ГО, как «*выразительность*», «*простота*», «*быстрота*», «*легкость*», «*однозначность интерпретации*». Заметим, характеристики текстов ГО нельзя рассматривать отдельно от семантики моделируемого графически объекта. И, как обычно при моделировании в отношении «объект–модель (ГО)» необходимо включить автора (создателя) модели, в данном случае графического образа. Конечно, синтаксические схемы текстов ГО, как и обычные стандарты, с одной стороны «дисциплинируют» автора, с другой — активизируют его творчество для графического выражения своих мыслей и идей. Так «*связность*» и «*единство содержания*» во многом определяется синтаксическими схемами (например, структурами таблиц).

## 3. Контексты графических образов

В любом ГО можно выделить тексты и контексты. Понимая под текстом ГО, в основном, *непосредственное изображение*, рассмотрим понятие контекста ГО. В лингвистике под контекстом (от лат. *contextus* — сцепление, соединение, связь) понимают относительно законченный по смыслу отрывок текста или устной речи, в пределах которого наиболее точно и конкретно выявляется смысл и значение отдельно входящего в него слова, фразы, совокупности фраз.

Несколько трансформируем это определение для ГО. И, так же, как в герменевтике контекст ГО будем считать компонентой, необходимой для понимания ГО.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 6.** *Контекстом ГО будем считать отдельные фрагменты рассуждений, представленных в ГО графически и/или вербально, необходимые для точной интерпретации ГО.*

В такой интерпретации контекста не всегда ясно, что относится к тексту, а что — к контексту. Заметим, что такая же нечеткость разделения этих понятий характерна и для лингвистики, и для герменевтики, и для логики.

Можно ввести понятие «*базового контекста ГО*», понимая под ним элементы синтаксической схемы топологии ГО (см. определение 5). Действительно, ранее выпускались тетради для второго, третьего класса школы, «в линейку», «в клетку». Существуют нотные альбомы, деловые блокноты, различные бланки и т.п.

Классифицируем контексты ГО по *трем* независимым критериям. На рис. 2 представлена условная схема классификации контекстов.

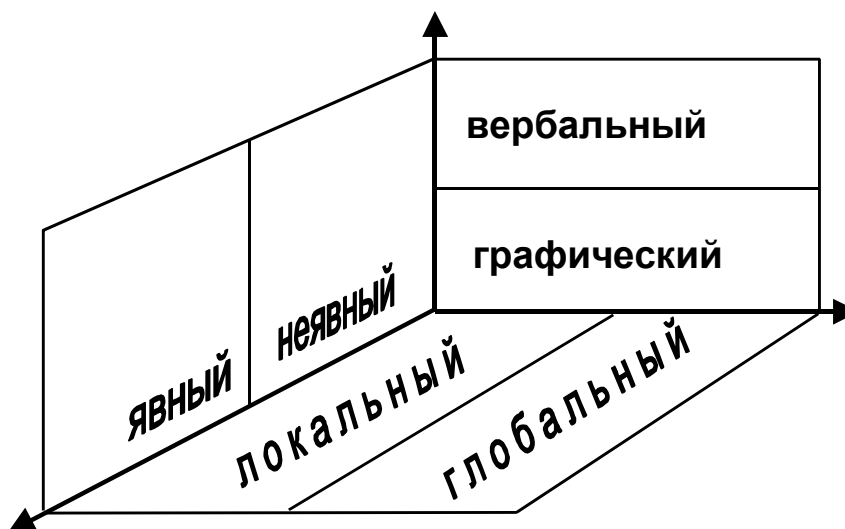


Рис. 2. Условная система координат классификации контекста ГО

- 1) В определении контекста ГО мы явно выделили две компоненты: *вербальную* и *графическую*. Такие же компоненты можно выделить и в тексте ГО. Чаще вербальную компоненту используют для пояснения графических структур ГО. Например, в нотной записи музыкальных произведений, в картографии, идентификации таблиц, графиков, блоков в схемах и т.д. Иногда вербальная компонента в ГО весьма значительна. Так например, в методиках вычисления характеристик сложных процессов, в больших блок-схемах, а схемах структур баз данных. И тогда неясно, что относится к контексту моделируемого объекта: вербальные комментарии для трактовки ГО или графическое изображение для иллюстрации ЕЯ-текста.
- 2) В лингвистике выделяют: *локальные* и *глобальные* контексты (*микро-* и *макро* контексты). Как и в ЕЯ-текстах обе эти категории контекстов имеет отношение к «большим графическим произведениям». Локальные контексты (вербальные или графические пояснения) представляют собой «ближайшее окружение» отдельных, небольших, компонент (иногда, некоторых графем) текста ГО, а глобальные — относятся к «крупным составляющим» ГО или к тексту ГО в целом. Таким образом, *локальные-глобальные* контексты ГО могут образовывать (как и в ЕЯ-текстах) «включенные» иерархические структуры.
- 3) Теперь введем и рассмотрим понятия *явных* и *неявных* контекстов ГО. Традиционно к явному контексту относят компоненты, непосредственно представленные в тексте (в данном случае, ГО), а к неявному — фрагменты, не отраженные в тексте (соответственно, в изображении), но необходимые для однозначной его трактовки. На рис. 3 представлена общая схема «*синтеза-анализа*» ГО. Под «тезаурусом», в данном случае будем понимать весь «фонд знаний» создателя (писателя) или читателя ГО. При синтезе ГО «писатель» отражает в его тексте только необходимые, с его точки зрения, компоненты. Он предпо-

лагает, что читатель знает всю информацию предметной области, достаточную для конкретной интерпретации ГО. На пересечение «тезаурусов» (см. рис. 3) писателя и читателя ГО могут и не включать необходимые знания. В этом случае говорят о неполном «отчуждении знаний» при построении текстов. Конечно, читатель должен знать предметную область и графический язык синтеза ГО («тесты пишутся для посвященных»). И есть понятия так называемого здравого смысла. Но, при создании ГО «писатель» должен учитывать знания, интересы и цели «своих читателей».

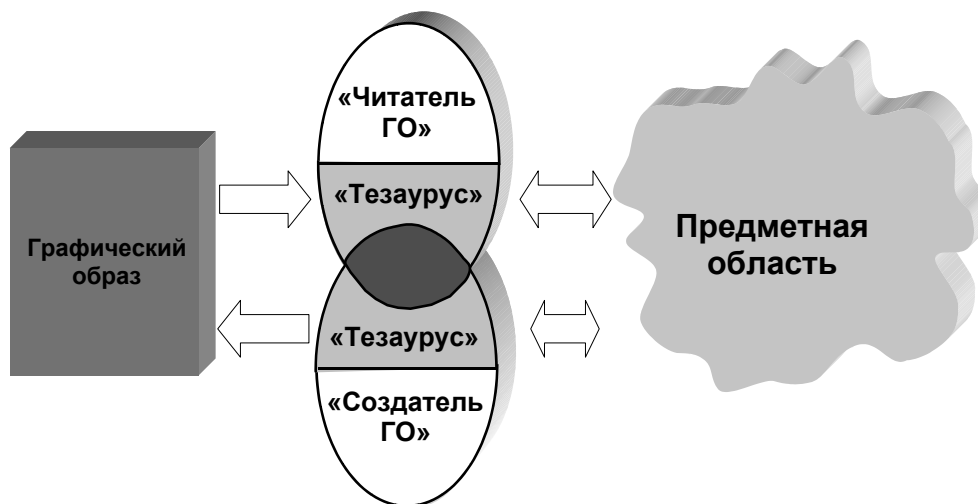


Рис. 3. Общая схема «синтеза-анализа» ГО

#### 4. Универсумы

Любое утверждение, в частности и графическое, в конечном счете, говорит о *предметах* (объектах). Каждая теория имеет свою *предметную область* или *универсум* — совокупность всех предметов, которые она изучает.

Универсумом теории чисел является множество натуральных чисел, а ее объектами — сами натуральные числа. Математическая теория не обязательно имеет один универсум. В некоторых случаях теории бывают многосортными, объекты делятся на *типы*, или *сорта*, и для каждого сорта задается свой универсум. В современном программировании, а также в языках искусственного интеллекта и представления знаний именно этот случай (многосортность) является наиболее распространенным. В геометрии изучают геометрические фигуры. При формализации их естественно разделить на сорта точек, линий, плоскостей, треугольников и т.п., и для каждого сорта завести свой универсум.

Л.Т. Берзтисс определяет [10] *универсум* (универсальное множество) так

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 7.** *Если все множества, рассматриваемые в рамках определенной ситуации или рассуждения, являются подмножествами определенного множества  $U$ , то последнее является универсальным множеством (или универсумом) для данного рассуждения.*

Мы здесь не будем вводить специального определения универсумов ГО и/или графических языков.

Вполне очевидно, что универсумы в графических средствах в большей степени соотносятся с графическими языками и являются их алфавитами (или словарями графем). Более того, множество  $G$  (см. определение 5) и универсум соответствующего языка будем считать синонимами. Также можно считать соответствующие словари (алфавиты) областью допустимых значений графем.

Примеров приводить не будем (их можно найти в начале данной статьи и в [5]), а перейдем сразу к выводам.

- 1) Практически любой графический язык является многосортным. Его универсум включает несколько словарей графем. Иногда, правда, все собирают в один алфавит. Например, в формальных системах обозначение алгебраических операций и множество переменных объединяют и рассматривают как одно множество. Но, в ГЯ всегда желательна содержательная классификация графем.
- 2) В универсумах некоторых ГЯ целесообразно рассматривать отдельно «смысловыражающие» графемы и «вспомогательные» (абстрактные). К последним относятся различные точки, линии, текстуры и т.п.
- 3) Универсумы могут включать как бесконечное множество элементов ( $\subseteq$ ,  $\wedge$ , множества треугольников, окружностей и т.д.), так и конечное (алфавит естественного языка, множество графем нотной записи музыкальных произведений, формул органической химии и т. п.).
- 4) Универсумы могут быть неизменяемыми, фиксированными ( $\subseteq$ ,  $\subset$ ,  $\angle$ ,  $\notin$ , знаки зодиака и т.д.), и изменяемыми (множество дорожных знаков, графемы в CASE-технологиях и т.п.). Заметим, что «собственный графический базис» (алфавит) мы можем менять часто. Изменение международной системы знаков дорожного движения требует соответствующих согласований и соглашений. Но система «живет», когда меняется. При построении систем класса «текст–рисунок», вообще, желательно строить систему динамически модифицируемых универсов графем.
- 5) Некоторые универсумы могут представляться в форме иерархической (или, даже, сетевой) структуры с использованием отношения входимости ( $\subset$ ).

## 5. Морфизмы графических образов

Представляется полезным рассмотреть категории «гомоморфизма» и «гомеоморфизма» в приложении к ГО. Для этого анализа необходимо использовать понятие прообраза ГО, введенное и исследованное в [5].

**Гомоморфизм** предполагает сохранение отношений, «закодированных» в исходных данных и в связях между соответствующими компонентами ГО. Гомоморфизм поможет нам определить «подобные» (по некоторым критериям) прообразы, относительно данного ГО и, наоборот, «подобные» ГО для одного прообраза. Не меньший интерес представляет и выявление не гомоморфных ГО, построенных на основе одних и тех же исходных данных.

Как известно, отображение  $f: A \rightarrow B$  называется **гомеоморфным**, если оно, во-первых, взаимно однозначно и, во-вторых, взаимно непрерывно, т.е., не только само отображение  $f^{-1}$  непрерывно, но и обратное отображение  $f^{-1}$  непрерывно. Иными словами, два ГО **гомеоморфны** (топологически эквивалентны), если один из них может быть получен из другого искривлением и растяжением (сжатием) последнего без разрывов. Теория графов (в частности, теория решеток) является частью топологии, поскольку вершины не обладают свойством положения в пространстве и топология графа есть отношения ребер.

Заметим, что многие структуры баз данных, схемы в CASE-технологиях и т.п. мы часто подвергаем не только аффинным, но и гомеоморфным преобразованиям с целью облегчения их интерпретации. Собственно именно эти функции обеспечиваются соответствующими инструментальными программно-информационными комплексами. Но здесь хотелось бы расширить понятие гомеоморфизма. Так, например, «пространственность» рис. 3, в большей степени — дань моде. Если мы «удалим толщину блоков (объектов)», информативность ГО не изменится. В этом смысле также можно говорить о «гомеоморфизме» соответствующих образов.

В дальнейших исследованиях мы четко определим и рассмотрим категории «*изоморфизма*», «*гомоморфизма*» и «*гомеоморфизма*» для графических образов.

## 6. Заключение

Некоторые выводы из изложенного были приведены в каждом разделе. В качестве общего итога отметим, что графические языки относятся к *невербальным аспектам* диалога «человек–компьютер» или «человек–человек». Поэтому, несмотря на широкое распространение компьютерных графических систем, мы еще не разработали теоретико-методологическую базу создания соответствующих вычислительных комплексов. Более того, графический диалог хотелось бы рассматривать в контексте *визуального* и, даже, *образного мышления*. Хоть и мелкими шагами, но желательно двигаться в этом направлении.

## Литература

- 1) Валькман Ю.Р. Графическая метафора — основа когнитивной графики // Труды Национальной конференции с международным участием «Искусственный интеллект–94» (КИИ–94). Рыбинск. 1994. С. 94–100.
- 2) Валькман Ю.Р. Когнитивные графические метафоры: когда, зачем, почему и как мы их используем // Труды международной конференции «Знания–Диалог–Решение» (KDS–95). Ялта. 1995. С. 261–272.
- 3) Валькман Ю.Р. Видеообразы в операциях исследовательского проектирования: отношения между абстрактным и конкретным, логичным и метафоричным, объективным и субъективным, информативным и когнитивным // Труды Национальной конференции с международным участием «Искусственный интеллект–96» (КИИ–96). Казань, 1996. С. 118–123.
- 4) Валькман Ю.Р. Когнитивные графические метафоры // Труды Международного семинара «Диалог’1999» по компьютерной лингвистике и ее приложениям. Таруса. 1999. С. 87–101.
- 5) Валькман Ю.Р., Книга Ю.Н. Анализ понятия «графический образ» // Труды Международного семинара Диалог’2002 «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии». Протвино. 2002. С. 41–52.
- 6) Словарь логики. <http://www.slovarik.ru/slovari/log>
- 7) Большая Советская Энциклопедия. <http://www.rubricon.ru/bse>
- 8) Шрейдер Ю.А. Равенство, сходство, порядок. М.: Наука. 1971.
- 9) Аджиев В. MineSet — визуальный инструмент аналитика // Открытые системы. 1997. № 3. С. 10–21.
- 10) Берзтисс Л. Т. Структуры данных. М.: Статистика, 1974.