Семиотическое моделирование графов

Джон-Тагор Тевет

Семиотическое моделирование графов или *семиотика структуры* — область исследований на границе ***теории графов*** и ***семиотики***, которая рассматривает ***структуру*** как таковую.

Под структурой подразумевается ее абстрактное, когнитивное (гносеологическое) значение как соотношения элементов или их формы организации. Структура репрезентируется в виде ***графа*** и связана с *инвариантностью* и *изоморфизмом*. Семиотика структуры является одним из многих объектно-ориентированных семиотик.

Цели

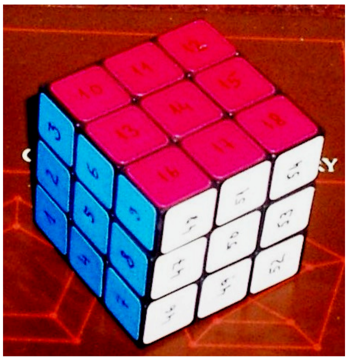
- Исследование общего смысла структуры и ее ***формализованная интерпретация***'.
- Исследование структурных ***знаков*** (*признаков*), разработка их 'системы и соответствующих ***алгоритмов обработки***.
- Представление структуры и ее свойств в ***канонической форме***.
- Изучение ***структурных свойств***.

Исходные принципы

В каждой системе играют важную роль *эмпирические свойства* её элементов и связей. Каждая система имеет *функцию* и *структуру*. Структура представляет собой ***абстракцию системы***, ее «скелет», где ее элементы и отношения между ними теряют эмпирический смысл и их разнообразие выражается в виде различных ***позиций*** в структуре.

Пример 1. Концепции ***системы, структуры, позиции и графа*** легко и наглядно объяснимо на кубике Рубика. Для этого, давайте посмотрим на кубик Рубика и ответим на два вопроса:

1. Какие позиции имеют элементы кубика?
2. С поворотами слоя кубика меняется ее система или структура?



Ответ 1. На кубике Рубика имеет каждая грань 9 элементов, поэтому на всех граней 6x9 = 54 элементов. Каждая грань имеет один элемент в «центре», четыре элемента на «ребрах» и четырех элементов в «углах». Таким образом, 6 элементов кубика стоят на ***«центральной позиции»***, 24 элементов на ***«реберной позиции»*** и 24 элементов на ***«угловой позиции»***. Структуру кубика Рубика представляем ***в виде графа с тремя позициями вершин.***

Ответ 2. С поворотом слоя куба ***изменяется система***, потому что отношения между его эмпирических свойств элементов (например, цветов) изменяется. Однако, ***структура не меняется***, потому что *позиции не меняются.*

Понятие системно-теоретической *позиции* совпадает с понятием ***орбиты*** в теории графов. Изоморфные графы имеют одну и ту же структуру. Установление изоморфизма не означает распознавания структуры, а всего лишь устанавливает *эквивалентность структур*. ***Распознавание структуры*** означает ее ***описание*** при помощи *структурных знаков (признаков).*

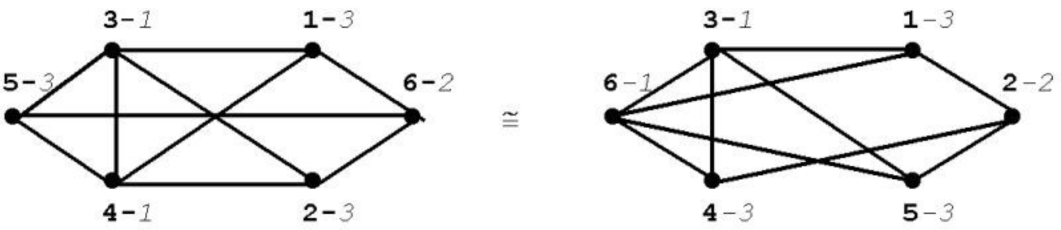
Последнее обстоятельство привело к идее использования элементов семиотики.

Осуществление

Знаками структуры являются специфические инварианты пар вершин, называемые ***бинарными знаками*** в виде четверки $\pm d.n.q._{ij}$,, где ***+d*** коллатеральная- и ***–d*** обычная дистанция между вершинами, ***n*** – число вершин и ***q*** – число ребер в соответствующим *бинарном графе* $\mathbf{g}_{ij}$ (см Chapter 1.1).

На основании бинарных знаков формируется ***семиотический модель*** **SM** в виде канонической матрицы знаков ***S*** как *текст* структуры, которая и описывает его. Изучение структуры означает изучение *текста S*. Общее число структур равно числу неизоморфных графов. Установление идентичности структур представляет собой простое установление эквивалентности матриц знаков.

Пример 2. Два графа и их семиотические модели:



A:-2.5.7; B:-2.5.6;
C:+2.3.3; D:+2.5.7; E:+3.6.10.

A:-2.5.7; B:-2.5.6;
C:+2.3.3; D:+2.5.7; E:+3.6.10.

```
| 1   1| 2| 3   3   3|          ui     k    si
| 3   4| 6| 1   2   5|    i  ABCDE        123
-----------------------------------------------
| 0   D|-B| C   C   C|    3  01310   1    103
      0|-B| C   C   C|    4  01310   1    103
      -----------------------------------------
       | 0| E   E   E|    6  02003   2    003
          -------------------------------------
          | 0  -A  -A|    1  20201   3    210
              0  -A|    2  20201   3    210
                   0|    5  20201   3    210
                   ----------------------------
```

```
| 1   1| 2| 3   3   3|          ui     k    si
| 3   6| 2| 1   4   5|    i  ABCDE        123
-----------------------------------------------
| 0   D|-B| C   C   C|    3  01310   1    103
      0|-B| C   C   C|    6  01310   1    103
      -----------------------------------------
       | 0| E   E   E|    2  02003   2    003
          -------------------------------------
          | 0  -A  -A|    1  20201   3    210
              0  -A|    4  20201   3    210
                   0|    5  20201   3    210
                   ----------------------------
```

Комментарии к примеру: **а)** Разные графы имеют здесь эквивалентные матрицы знаков, следовательно ***структуры эквивалентны*** и соответствующие ***графы изоморфны***. **б)** В матрице знаков установлено ***три вершинных позиций*** *(-орбиты)* и ***пять орбиты пар вершин***, в том числе *два орбита «не-ребер»*. **в)** Соответствие между структурами выражены на уровне орбиты вершинных пар. **г)** Эти бинарные знаки устанавливают для каждой пары вершин его вид связности, его принадлежность к пути, обхвату (girth) или клики с фиксированным размером, и так далее. На пример ***E: +3.6.10*** означает «Пара вершин принадлежит больше чем к одной обхват (girth) с длиной $\boldsymbol{d= 4}$» (см Chapter 2.1). **e)** В общем случае является структура распознаваемым на уровне *исходных бинарных знаков*, но в случае определённых симметричных графов необходимо использовать *уточненные бинарные знаки* (Prop. 1.1).

Семиотический подход открывает до сих пор малоизвестные или оставшиеся ранее незамеченными некоторые свойства структуры. Для этой цели используются ***сопряжённые (сопровождающие) графы***, такие как *дополнения, бинарный граф, знаковой граф и смежные графы* (см Chapter 1.1).

Структуру исследуют комплексно с его *дополнение. бинарный граф* характеризирует состояние вершиной пары, *бинарный знак* является ее инвариантом. В некоторых случаях, необходимо для уточнение бинарного знака открывать *семиотический модель бинарного графа* (P1.1.2). *Знаковой граф* является одним из ключевых атрибутов структуры, с ним можно уточнить бинарных знаков (P1.1.3) и в некоторых случаях исследовать структурных свойств (см Chapter 2.3).

Изучена закономерности ***регулярностей*** (см Chapter 2.1), таких как *дистанционный-, обхват-, клик- и сильная регулярность*. Наиболее важной характеристикой структуры является ее ***симметрия*** (см Chapter 2.2). Свойства симметрии, то есть *орбиты (позиции)* распознаются в матрице знаков как классы эквивалентности бинарных знаков. Такой простой способ заменяет и покрывает их традиционную трактовку по ***группам автоморфизмов AutG***. Распознаваемыми являются *орбиты вершин*, а также *вершинных пар*, включая орбиты *ребер* и *«не-ребер»*. На базе признаков симметрии (число орбит и их мощности) разработана *классификация свойств симметрии*. Разработан способ для *измерения* симметрии. Асимметрия является также одной из характеристик симметрии.

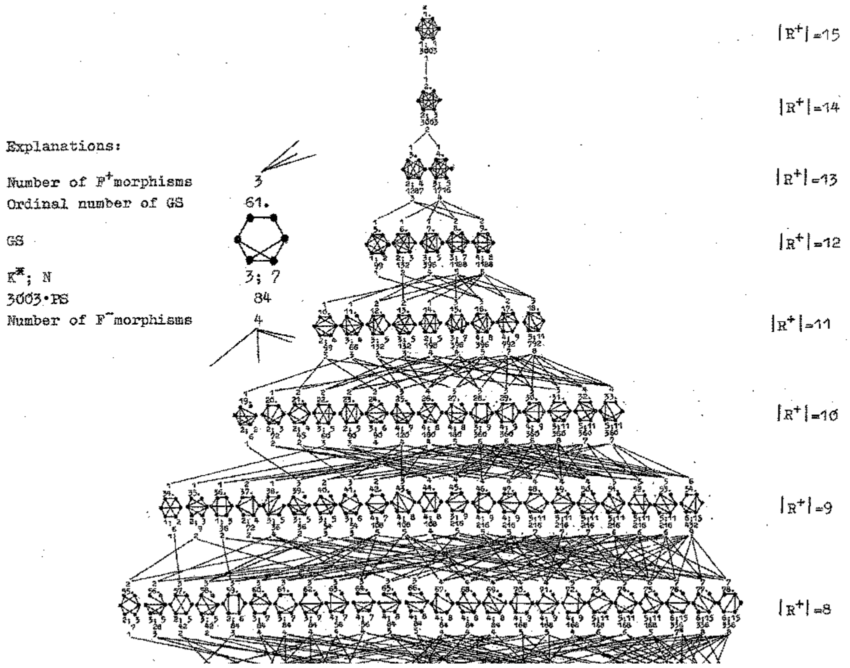
Для каждой орбиты пары вершин соответствует одна ***структура позиций*** (см Chapter 2.3). Она формируется на основе пар вершин своей орбиты, и является средством для исследования «скрытых» свойства структуры. Например, одной структурой позиций графа Фолкмана является граф Петерсена, и т.д. (см Chapter 2.4). Распознано некоторые новые закономерности между *свойствами симметрии* и *сильной регулярности*. Такой подход является успешным в изучении проблем *би-, три- и т.д. дольных структур*.

Семиотическая модель является также ***канонической представлений*** графа (см Chapter 3.1). В общих случаях структура распознавается (установляется) на уровне исходных бинарных знаков, но в случае некоторых симметричных граф необходимо использовать *уточненных знаков*.

Структурная эквивалентность является изоморфизмом на уровне позиции вершинных пар (см Chapter 3.2). Его устанавливает путем простого сравнения (сопоставления) матрицы знаков (см Пример 1, Chapter 3.3).

Гипотеза Улама рассматривается на структурном аспекте (см Chapter 4.2). Для каждой орбиты пары вершин соответствует и одна ***смежная структура*** которая получается путем удаления или добавления ребра в орбите (см Chapter 4.3). Они образуют ***конструктивную систему структур*** с $\boldsymbol{n}$ вершин (см Chapter 4.4).

Пример 4. Первая половина решетки *конструктивной системы структур* $\boldsymbol{CSR}^{|V=6|}$ с $\boldsymbol{n} = 6$ элементов:



<u>Комментарии к примеру:</u> В этом системе: **а)** Каждая структура в этой системе является также соседней структуры. **б)** Каждая структура ***разложима***' к своих соседних подструктур, а также к своих соседних надструктур. **в)** Каждая структура ***восстанавливаем*** по своим соседним подструктур, а также по своим соседним надструктур. **г)** В первом примере показанная структура имеет здесь порядковой номер 22. **д)** дополнении структур расположено симметрично во второй половине этой системы.

Резюме

Структура (латинское слово *structura — внутреннее строение*) обычно определяется как *образ (способ) связности (как правило, постоянный), соотношении или организованности элементов системы*. Термин «структура» с течением времени приобретал на разных языках и в различных обществах самые разные значения, либо превратился в расхожее, расплывчатое понятие. Семиотика структуры присваивает ей присущий специфический, формальный смысл и содержание. Структура есть ***полный инвариант изоморфных графов***, то есть система инвариантных атрибутов структуры. Она представлена канонически как *текст* структуры в виде ***семиотической модели*** **SM**.

В каком том смысле дело с деликатной теме: Во-первых, в настоящее время не существует всех удовлетворяющих определений структуры, во-вторых, некоторые математики не признают использование элементов семиотики, в-третьих, семиотики не хотят признать отношении с графами.

Тем не менее, семиотика структуры распознает «скрытые стороны» структуры, решает некоторых классических задач неклассической манере, а также ставить и решает новые. Основными проблемами были *полное каноническое представление структуры* и построение их *системы*, которая связана с *проблемой восстановлений*.

Сложность распознавание структуры и установление эквивалентности структур зависит только от числа вершинных пар. Это не сопоставимо с методами установление изоморфизма. Семиотика структуры представляет собой комплекс эвристических методов для исследования структуры и ее свойств.

Дополнение

Графы структуры и структура графов

(«Исторический» резюме)

В работе рассматриваются проблемы распознавания таких свойств графов, как циклы, клики, орбиты и изоморфизм, а также исследуются проблем структурных изменений, восстанавливаемости, вероятности существования структур и др. на базе специального разработанного атрибута, ***«текста структуры»***, которая в данном контексте представляет структуру графа. ***Структура есть полный инвариант изоморфных графов.***

Графы рассматриваются с точки зрения структурности. Необходимость в этом возникла при конкретизации самого понятия структуры. При помощи графов можно объяснить понятие структуры и её изменения, упорядочить, определить и формализовать её атрибуты. Для выдвижения *значимости* структурных атрибутов, целесообразно применение элементов ***семиотики.*** Например, Г.Гермес [1938] видел в семиотике научную дисциплину, которая исследует даже основы математики.

Работа представляет собой обзор оригинальных результатов довольно длительного исследования таких категорий структурности и графов, как *знаки структуры*, *их классы*, *текст структуры*, *морфизмы*, *вероятность существования структуры*, *смежные структуры*, *сукцессии и системность структур*, *динамика структуры и др.* Структурную трактовку получили и некоторые традиционные проблемы теории графов, такие, как ***установление циклов*, *клик*, *орбит*, *изоморфизма и восстанавливаемости графов.*** Это достаточно для оправдания структурных исследований на графах. Все проблемы структуры графа образуют единую систему, и их решения сосредоточены вокруг её ядра **–** *текста структуры***,** представляемой через *структурно-семиотическое распознавание графа.*

Иной взгляд на графы, по нашему мнению, просто необходим, так как традиционная теория графов все ещё находится, похоже, в тисках таких задач, как гамильтоновы циклы и описание электросетей, где в последнее время возникла тенденция считать проблемы орбит, изоморфизма и восстанавливаемости несуществующими, как, например, в работе ”Modern Graph Theory” [Bollobás 1998].

Понятие структуры органически необходимо при рассмотрении системных объектов. В широком смысле, под структурой понимается относительно постоянная ***связь*** между элементами объекта. Поскольку общее понятие «связь» может быть истолковано произвольно, то понятия «структура» и «структурность» девальвировались до ширпотреба. Постараемся объяснить, что именно под этой «связью» подразумевается, каково ***значение*** структуры, имеет ли структура специфические ***признаки***, возможно ли её ***описать***, и т.д.

Существование структуры предполагает наличие определенных элементов и связей между ними. Говорят, что структура есть ***внутренняя форма организованности*** элементов системы, проявляющаяся в виде постоянных взаимных связей и единстве условий их определения. В случае произвольного объекта, его расчленение на части или *декомпонирование* является первым шагом к фиксации структуры. Возможен и противоположный подход. При исследовании некого явления как целостности, *скомпоновать* объект из необходимых элементов**.** Реальный объект является, как правило, в структурном смысле *многоаспектным.* Его можно разложить на элементы (компоненты, части), исходя из разных точек зрения. Разумеется, при условии, что сущность структурообразующих элементов и связей при каждом аспекте можно чётко определить. *Выбор аспекта* зависит от цели рассмотрения или изучения объекта. Когда цель установлена, вопрос о выборе аспекта не возникает.

Если элементы (компоненты, части) объекта и связи между ними зафиксированы, то мы имеем дело уже с определенной абстракцией объекта – *с системой.*

Схема, состоящая из элементов и связей, ещё не является структурой. Структура есть *абстракция системы*, в случае которой интересуются не столь эмпирическими свойствами элементов, сколь видами их организованности. Такое значение структуры подтверждается явлениями *алломорфности и аллотропии* в физике и *изомерии* в химии. Примеров тому можно привести достаточно. Например, химически состав формулы C_2H_6O может быть организовано как в виде этиленового спирта, так и диметилового эфира.

Значение структуры и состоит в том, что эмпирические значения элементов заменены значениями объективных ***структурных позиций***. Качество вещества зависит не только от его составных элементов, но и от способа их организованности, т.е. от структуры вещества. Это действует относительно большинства объектов совокупного типа (геологических, экологических, организационных и др.).

Целостная структура, отражающая свойства ***симметрии*** и ***асимметрии***, есть *качественная абстракция* объекта. А некоторая совокупность *чисел* может оказаться *количественной абстракцией* реального объекта. *Структурность* есть универсальное свойство гетерогенных объектов быть внутренне организованными, т.е. иметь неизменяемую или изменяемую структуру. Как правило, структура природного объекта является изменяемой.

Утверждают, что *образом (отображением) структуры является граф G.* На самом деле, состав структуры и граф совпадают!

Графы, как правило, считаются геометрическими [Euler 1736, Алексеев и др. 1977], топологическими [Басакер, Саати 1974], комбинаторными [Харари 1969, Tutte 1998, Bollobás 1998], алгебраическими [Berge 1970, Зыков 1987, и др.], алгоритмированными [Christofides 1976, Емельчев и др. 1990, Thulasiraman и др. 1992, Gross и др. 1999] или конструктивными [Акимов 2001] объектами. В каждом из аспектов содержится некоторая оригинальная информация о графах. В данном случае нас интересует графы структуры, структура графов, её изменения и система графов в целом. В структурном аспекте мы отказались от терминов, подчеркивающих «угловатость» графов, таких как «вершина» и «ребро».

Граф есть полностью структурный объект, он *экспликат структуры.* Действительно, «составные структуры», существующие между парами элементов, представляют собой определенные подграфы, классы позиции элементов представляют собой орбиты графа и т.д.

Структура, как форма организованности или связности, ***распознается*** при помощи *пересекающихся составных подграфов* графа $\boldsymbol{G}$, фиксируемых между парами элементов $\boldsymbol{v_i v_j}$. ***Признаками*** составного подграфа являются его ***инварианты,*** представляемые в виде кода.

Составной (под)граф $\boldsymbol{g_{ij}}$ графа $\boldsymbol{G}$, образующийся из элементов $\{\boldsymbol{v}\}$, принадлежащих к кратчайшим простым цепям, связывающим пару элементов $\boldsymbol{v_i}$ и $\boldsymbol{v_j}$, куда в случае смежных элементов $\boldsymbol{v_i v_j}$ входят и элементы *коллатеральных* кратчайших простых цепей (если они существуют), мы называем ***бинар-графом*** $\boldsymbol{g_{ij}}$. Бинар-граф $\boldsymbol{g_{ij}}$ представляет ***бинарное состояние*** пар элементов $\boldsymbol{v_i v_j}$.

Триаду инвариантов $\pm\boldsymbol{dnq_{ij}}$ бинар-графа $\boldsymbol{g_{ij}}$, где**:** $\boldsymbol{-d}$ – расстояние между <u>не</u>смежными элементами $\boldsymbol{v_i}$ и $\boldsymbol{v_j}$**;** если элементы несвязные, то $\boldsymbol{-d=-0}$; $\boldsymbol{+d}$ – коллатеральное расстояние между смежными элементами $\boldsymbol{v_i v_j}$**;** если коллатеральные цепи не существуют, то $\boldsymbol{+d=+1}$; $\boldsymbol{n}$ –

число элементов в графе связности g_{ij}; q – число связей в графе связности g_{ij}, мы называем ***бинар-знаком*** w_{ij}, являющимся структурным признаком бинар-графа g_{ij} .

Матрица S, элементами которой являются бинар-знаки dnq_{ij}, называется ***матрицей знаков*** графа G.

Бинар-знак dnq_{ij} характеризует свой бинар-граф g_{ij} довольно поверхностно, но в то же время, может достаточно хорошо характеризовать определенные структурные свойства.

Установление клик – одно из популярных задач традиционной теории графов**.** В практике разработаны различные, работающие, алгоритмы идентификации клик, один лучше другого. В структурном аспекте, наличие клика устанавливается лишь как знак определенного типа, из числа многих знаков структуры. Структурные знаки позволяют ***измерять структуру.*** Мерами M, $0 \leq M \leq 1$, структуры являются, например, *структурная компактность*, *связность, триангулярность*, *разветвленность*, *сотовидность и др.*

Существуют разные способы ***совершенствования*** *бинарных знаков. Позиционные классы* ΩV_k элементов и *бинарные классы* ΩR_n пар элементов совпадают с ***орбитами*** графа. Орбита представляет собой *область транзитивности автоморфизмов.* Традиционная трактовка ***автоморфизма*** α графа – комбинаторная. По Харари [1969] автоморфизм рассматривается так же, как некоторый *изоморфизм графа в себе.* В структурном аспекте он принимает конкретную форму *изоморфизма бинарных графов* $g \cong g'$, где область транзитивности, или *орбита,* соответствует «области транзитивности изоморфизмов», или *классу изомормофизмов* **G**.

Граф, связи («рёбра») которого соответствуют элементам *бинарной орбиты* ΩR_n графа G, называется ***орбитным графом*** G_n. Орбитные графы устанавливают внутреннюю структуру орбиты, где, например, одним из орбитных графов графа Фолкмана есть граф Петерсена.

Матрица знаков S ещё не является полным описанием структуры. Лексикографические правила упорядочивания и декомпонирования системы структурных знаков представляют собой ***синтаксис*** структуры, на основе которого составляется ***текст*** S^*, описывающий структуру. Текст структуры S^* есть средство для идентификации и представления структуры, позиционных классов его элементов и бинарных классов пар элементов, элементарных изменений, а также установления изоморфизма и измерения структуры.

Текст S^* структуры описывает структуру и её орбиты *с точностью до изоморфизма*, при котором**:** а) эквивалентность текстов $S_A^* \approx S_B^* \approx S_C^* \approx \ldots$ означает изоморфизм графов $G_A \cong G_B \cong G_C \cong \ldots$, эксплицирующих структуру; б) изоморфные графы $G_A \cong G_B \cong G_C \cong \ldots$ отображают одну и ту же структуру GS; в) число разных структур равняется числу неизоморфных графов.

Установление изоморфизма $G_A \cong G_B$ является существенной проблемой, для практического решения которой, теория графов не имеет единой точки зрения. Массовое увлечение изоморфизмом в семидесятых годах было оценено как «болезнь изоморфизма» [Gati 1979]. В структурном аспекте установление изоморфизма есть ***проблема репрезентаций текста структуры***, где установление изоморфизма сводится к *сравниванию текстов,* $S^*_A \approx S^*_B$.

Измерение структуры в атрибутах теории информации основывается на ***внутреннем разнообразии структуры****,* отраженном в тексте структуры S^***.** Концепция разнообразия позволяет свести разные трактовки информации к общей основе. Структурное разнообразие в первую очередь выражается в разнообразии позиционных и бинарных классов (орбит). Его мера в абсолютных величинах представляет собой *объем информации,* а в относительных величинах – *асимметричность*. Разнообразие степеней определяет меру *топологической энтропии*. *Структурная сложность* зависит от мощности структуры и от числа орбит.

Элементарные изменения структуры графа G представляют собой операции со связями («рёбрами») графа**:** а) *удаление связи* $G\backslash e_{ij}$, что приводит к *максимальному подграфу* G^{sub} и б) *прибавление связи* $G\cup e_{ij}$, что приводит к *минимальному надграфу* G^{sup}. Элементарные изменения, в свою очередь, непосредственно связаны с бинарными орбитами ΩR и ***смежными структурами*** GS^{adj}, где**:** а) Максимальные подграфы $G^{sub}{}_{m}$, полученные в рамках одной и той же *бинарной (+)орбиты* $\Omega R^{+}{}_{m}$, являются изоморфными, т.е. они образуют *класс изоморфизма* $\mathbf{G_m}$, произвольный представитель которого, отображает *нижнюю смежную структуру* $GS^{low}{}_{m}$ графа G; б) Минимальные надграфы $G^{sup}{}_{n}$, полученные в рамках одной и той же *бинарной (–)орбиты* $\Omega R^{-}{}_{n}$, являются изоморфными, т.е. они образуют *класс изоморфизма* $\mathbf{G_n}$, произвольный представитель которого, отображает *верхнюю смежную структуру* $GS^{upp}{}_{n}$ графа G.

операцию, *преобразующую* структуру GS в некоторую смежную структуру GS^{adj}, мы называем ***морфизмом*** F, $F: GS\rightarrow GS^{adj}$. Морфизм F является ***рекурсивным.*** К каждой смежной структуре существует «противоположная орбита» $\Omega R'$, а приложенный к ней морфизм F' ***восстанавливает*** первоначальную структуру, $F': GS^{adj}\rightarrow GS$.

классическая вероятность представляет собой однозначно определяемую относительную частоту проявления. Следовательно, отношение числа связей в орбите ΩR и числа связей в структуре, есть ***вероятность случайного морфизма*** PF.

По содержанию, ***восстанавливаемость*** означает возвращение к первоначальному состоянию. Проблема восстановляемости известна в традиционной теории графов под названием *гипотезы Улама*, и она считается едва ли не неразрешимой задачей. А тех, которые стремятся её целиком решить, считают чуть ли не чудаками. В структурном аспекте восстанавливаемость есть *проблема элементарных изменений структуры*. В гипотезе Улама, восстанавливаемость рассматривается на базе элементов, а в структурном аспекте – на базе связей. Со структурной точки зрения, восстанавливаемость структуры подразумевается сама собой**.** Если структура GS, ***разложима (декомпонируема)*** *на свои нижние смежные структуры* $GS^{low}{}_{m}$, $F_m: GS\rightarrow GS^{low}{}_{m}$, *то она и* ***восстанавливаема (компонируема)*** *к исходной структуры* GS *при каждой её нижней смежной структуре* $GS^{low}{}_{m}$, $F_n: GS^{low}{}_{m}\rightarrow GS$. Такова закономерность элементарных изменений структуры**.** Задача восстановляемости реализовывается в задачах установления текста структуры W, установления соседних структур GS^{adj} и установления изоморфизма (классов изоморфизма $\mathbf{G}$). Даже, если графы G и H неизоморфны, но их соответствующие соседние графы оказываются изоморфными, то они *восстанавливаемы* при помощи морфизмов, приложенных к соответствующим орбитам соседних графов.

Сукцессия структур SF представляет собой последовательность соседних структур ${}^{F1:}GS_0\rightarrow{}^{F2:}GS_1\rightarrow{}^{F3:}GS_2\rightarrow\ldots\rightarrow{}^{Ft:}GS_{t-1}\rightarrow GS_t$, где t её *длина*. Сукцессию, где величины некоторых структурных характеристик неизменны (или изменения чрезвычайно малы), мы рассматриваем как *стабильную сукцессию* SFS**.** Сукцессия SF может быть *случайной* или *неслучайной*. *Вероятность случайной сукцессии* PSF выражается как произведение вероятностей последовательных морфизмов. Множество сукцессий, *разветвляющихся* из общей начальной структуры GS_0 и *сходящихся* в общей конечной структуре GS_t, называется *семейством сукцессий.*

Каждой структуре $\boldsymbol{GS}$, каждой орбите $\boldsymbol{\Omega R_n}$ соответствует *морфизм* $\boldsymbol{F}$, который определяет *соседнюю структуру* $\boldsymbol{GS^{adj}}$, $\boldsymbol{F: GS \rightarrow GS^{adj}}$ и *вероятность морфизма* $\boldsymbol{PF}$. Система, образуемая из всех $|V|$-элементных *структур (т.е. неизоморфных графов)* $\{\boldsymbol{GS}\}$ и *морфизмов* $\{\boldsymbol{F}\}$ между ними, отображает ***систему структурных изменений*** $\boldsymbol{GSG}^{|V|}$. Система $\boldsymbol{GSG}^{|V|}$ необходима для изучения закономерностей структурных изменений, исходя из системного, вероятностного и динамического аспектов. Система $\boldsymbol{GSG}^{|V|}$ также является семейством сукцессий.

С точки зрения неизменяемости некоторых структурных мер, семейство сукцессий может иногда оказываться ***семейством стабильности SA***. Если некоторая совокупность стабильных структур не образует семейства, то она образует ***область стабильности SD***.

Установление ***вероятности существования PS*** структуры исходит из обстоятельства, что при фиксированном числе $|V|$ элементов и фиксированном числе $|E|$ связей, *сумма вероятностей существования неизоморфных графов (т.е. структур* $\boldsymbol{GS}$*) равна единице*. Матрица, чьи элементы являются вероятностями перехода P_{ij} и P_{ji} семейства сукцессии $\boldsymbol{GSG_{ij}}^{|V|}$, представляет собой ***стационарную цепь Маркова***.

Атрибуты системы структурных изменений $\boldsymbol{GSG}^{|v|}$ являются сопоставимыми с атрибутами классической ***динамической системы***, где: а) множество структур $\{\boldsymbol{GS}^{|V|}\}$ соответствует множеству состояний динамической системы $\mathbf{S}$; б) множество шагов сукцессий $\{\boldsymbol{t}\}$ – множеству упорядоченных моментов времени $\mathbf{T}$; в) множество морфизмов $\{\boldsymbol{F_n}\}$ – множеству классов влияния $\mathbf{F}$; е) множество структурных характеристик – множеству выходных величин $\mathbf{Y}$**.** В сопоставлении существуют *выходное отображение* λ, *целевая-* μ и *сукцессионная функция* φ. Динамика структуры может иметь прикладное значение.

Говорят, что структурность является неотъемлемым атрибутом всех реальных гетерогенных объектов. Важность учёта ***феномена организованности*** при изучении реальных систем подчёркивали уже Л. фон Берталанффи [1934] и Р.Розен [1985]. М.Веденов и В.Кремянский [1970] утверждают, что в именно ***принцип структурности*** будет иметь существенное познавательное и прикладное значение, так как он позволяет в концентрированном виде охватить большой объём информации по изучаемому объекту.

Суть представленной направлений состоит в попытке ***разъяснения значения текста структуры*** как принципиального момента для решения проблемы структуры.