



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ _____ Информатика и системы управления _____

КАФЕДРА _____ Системы обработки информации и управления _____

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ НА ТЕМУ:

Преобразование данных из метаграфовой модели в миварную»

Студент _____ ИУ5-31м _____
(Группа)

_____ Е.Д.Соболева _____
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель

_____ Ю.Е.Гапанюк _____
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Москва, 2020 г.

Содержание

Введение.....	3
1. Анализ предметной области.....	4
1.1. Миварный подход.....	4
1.1.1. Модель <вещь, свойство, отношение> и понятие мивара.....	4
1.1.2. Алгоритм задания представления данных.....	5
1.1.3. Структура представления данных миваров.....	6
1.1.4. Структура представления отношений миваров.....	7
1.2. Метаграфовый подход.....	7
1.2.1. Определение метаграфа.....	7
1.2.2. Структура ИЭМ.....	9
2. Переход от метаграфовой модели к миварной.....	11
2.1. Преобразование нетипизированных и типизированных атрибутов метаграфовой модели.....	11
2.2. Преобразование вершин метаграфовой модели.....	12
2.3. Преобразование ребер метаграфовой модели.....	13
2.4. Преобразование метавершин метаграфовой модели.....	16
2.5. Итог: основные положения преобразования из метаграфовой модели в миварную.....	20
3. Пример перехода от метаграфовой модели к миварной.....	21
3.1. Описание метаграфа.....	21
3.2. Преобразование метаграфа в граф.....	22
3.3. Описание примера в табличной форме.....	24
3.4. Определение осей в миварном пространстве.....	25
3.4. Определение структуры представления данных.....	26
Вывод.....	31
Список использованных источников.....	32

Введение

В последнее время идет активное развитие множества теорий представления данных и знаний в автоматизированных системах обработки информации (АСОИ). Существует множество различных моделей представления знаний: реляционные, графовые, сетевые документные и многие другие. В различных системах в зависимости от множества факторов в используются разные модели представления данных и знаний. В связи с этим при необходимости обмена данными между несколькими системами с разными используемыми моделями данных либо же при создании гибридных интеллектуальных информационных систем может возникнуть проблема интеграции форм представления данных, когда одна система не может преобразовать данные другой модели в модель, используемую в ней.

В данной работе предлагается метод решения подобной проблемы для миварной и метаграфовой моделей, которые в последние годы активно развиваются. Далее будет представлен метод преобразования данных из метаграфовой модели в миварную.

1. Анализ предметной области

1.1. Миварный подход

1.1.1. Модель <вещь, свойство, отношение> и понятие мивара.

В основе миварного подхода лежит модель $\langle V, S, O \rangle$ или <вещь, свойство, отношение>, которая позволяет создавать целостное, динамичное, адаптивное, многомерное, объектно-ориентированное представление предметной области. В данном представлении вещи, свойства и отношения могут динамически переходить друг в друга. Например, свойство одной вещи может также быть вещью или же вещь может быть отношением других вещей. То есть, в зависимости от предметной области одно и то же понятие может являться как вещью, так и свойством, так и отношением

Чтобы сформировать миварное пространство представления данных, необходимо выделить основные оси, на которых фиксируются объекты и отношения между ними. Миваром будет называться наименьшая адресуемая точка, которая соответствует пересечениям в данном пространстве и содержит конкретное значение какого-либо свойства или отношения. То есть, другими словами, мивар — это вещь, обладающая свойством и находящаяся в каком-либо отношении в определенных географических координатах в конкретный момент времени.

В теории миваров выделяются три основных понятия:

1. **Вещь** (объект, сущность)
2. **Свойство** (атрибут, характеристика)
3. **Отношение** (связь, взаимодействие)

Все эти три понятия являются равнозначными и равнозависимыми.

Каждая вещь характеризуется уникальным названием, совокупностью свойств и значений во всех отношениях, которыми она связана с другими вещами. Все эти три понятия взаимозависимы и неразрывны и не существуют друг без друга.

Данные понятия можно представить тремя счетными множествами, на основе которых строится трехмерное дискретное информационное пространство:

1. V — множество уникальных названий вещей.
2. S — множество уникальных названий свойств.
3. O — множество уникальных названий отношений.

Миваром будет называться наименьшая трехмерная адресуемая точка дискретного пространства $\langle V, S, O \rangle$.

В таком случае:

1. Названием вещи будет мивар, который принадлежит оси V , тогда вещь с названием v будет представлять множество всех миваров, принадлежащих плоскости, проходящей через точку-мивар $\langle v, 0, 0 \rangle$ и ортогональной оси V .
2. Названием свойства будет мивар, который принадлежит оси S , тогда свойство с названием s будет представлять множество всех миваров, принадлежащих плоскости, проходящей через точку-мивар $\langle 0, s, 0 \rangle$ и ортогональной оси S .
3. Названием отношения будет мивар, который принадлежит оси O , тогда отношение с названием o будет представлять множество всех миваров, принадлежащих плоскости, проходящей через точку-мивар $\langle 0, 0, o \rangle$ и ортогональной оси O .

Началом координат миварного пространства является мивар $\langle 0, 0, 0 \rangle$.

1.1.2. Алгоритм задания представления данных

Чтобы задать представление данных при помощи миварного подхода необходимо выполнить следующие действия:

1. Задать структуру описания, то есть выделить основные оси миварного пространства.

2. Выделить совокупности различаемых объектов с каждой точки зрения и присвоить каждому объекту уникальный идентификатор(краткое наименование). Под точкой зрения в данном случае понимается миварная ось.
3. Соотнести и упорядочить идентификаторов с точками выделенных осей.
4. Определить значения точек миварного пространства, которые не принадлежат осям.

1.1.3. Структура представления данных миваров.

Также необходимо ввести структуру представления данных самих миваров. В работе [1] предложен вариант представления в табличной форме. Приведем подробное описание данной структуры, поскольку в дальнейшем исследовании она будет активно использоваться.

Множество всех трехмерных точек в зависимости от значений их координат $\langle i, j, k \rangle$ миварного дискретного пространства делится на 5 подмножеств:

1. $\langle 0, 0, 0 \rangle$ — начало координат миварного пространства;
2. $\langle i, 0, 0 \rangle$ — заголовки таблиц;
3. $\langle 0, j, 0 \rangle$ — заголовки столбцов таблиц;
4. $\langle 0, 0, k \rangle$ — заголовки строк таблиц;
5. $\langle i, j, k \rangle$ — значения клеток таблиц.

Исходя из выделенных множеств можно выделить три оси: ось заголовков таблиц, ось заголовков столбцов таблиц и ось заголовков строк таблиц.

Мивар с координатами $\langle 0, 0, 0 \rangle$ соответствует описанию пространства представления данных и может хранить, например, системные данные.

1.1.4. Структура представления отношений миваров.

Отношения миваров могут быть представлены как объекты, однако, удобнее ввести отдельное подпространство для представления данных об отношениях миваров.

Так же как и в случае вещей, у каждого отношения должно быть задано уникальное название.

Отношение миваров может быть рассмотрено как мивар за исключением одного фактора. Отличительной чертой задания отношения миваров является обязательное наличие у каждого отношения множеств миваров-образов и миваров-прообразов данного отношения. Под образом понимается какой-либо мивар, а под прообразом мивар, зависящий от мивара-образа.

Обобщая все представленное выше, получаем N-мерное миварное пространство, состоящее из K-мерного подпространства миваров и L-мерного подпространства отношений миваров, где $N=K+L$.

1.2. Метаграфовый подход

1.2.1. Определение метаграфа

Метаграф представляет собой граф, каждая вершина которого может содержать произвольное количество вершин и ребер. Такие вершины называются метавершинами. Метавершины также имеют собственные атрибуты и связи с другими вершинами и метавершинами, что обеспечивает свойство эмерджентности — появлению свойств, которые не присущи каждому из элементов метавершины в отдельности.

Метаграф может быть представлен тремя множествами: множеством всех вершин метаграфа, множеством всех ребер и множества метавершин.

Формализованное представление:

$$MG = \langle V, MV, E \rangle$$

где MG — метаграф,

$V = \{v_i \vee i = \overline{1, N_i}\}$ — множество вершин;

N_V — количество всех вершин;

$MV = \{mv_j \vee j = \overline{1, N_j}\}$ — множество всех метавершин;

N_M — количество всех метавершин;

$E = \{e \vee k = \overline{1, N_k}\}$ — множество всех ребер;

N_E — количество всех ребер;

Метавершину метаграфа можно представить в виде:

$m_q = \{v_i \vee v_i \in V, i = \overline{1, N_{mq}}\}$, где N_{mq} — количество вершин из множества всех вершин, которые входят в данный метаграф.

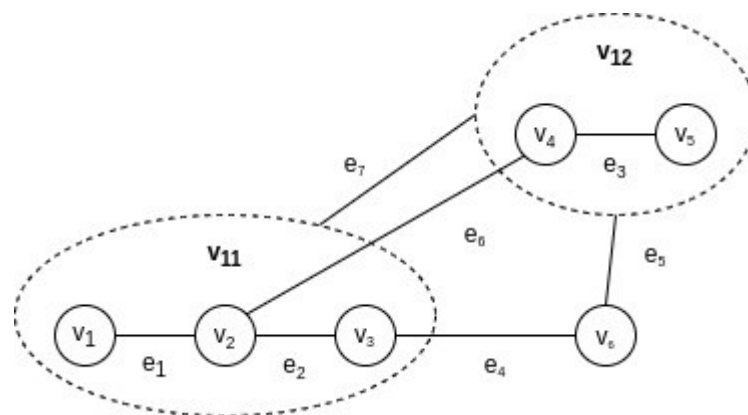


Рисунок 1. Пример изображения метаграфа.

В атрибутивной форме метаграфа MGA[2] вершины и ребра могут характеризоваться множествами атрибутов $\{atr_k\}$.

Представление вершины метаграфа: $v_i = \{atr_k\}, v_i \in V$

Ребра также могут быть охарактеризованы начальной вершиной v_s , конечной вершиной v_E и признаком направленности eo , $eo = true$ — признак направленного ребра, $eo = false$ — признак ненаправленного ребра.

Представление ребра метаграфа: $e_i = \langle v_s, v_E, eo, \{atr_k\} \rangle, e_i \in E, eo = true \vee false$

Метавершина помимо свойств самой вершины или самого ребра содержит также вложенный фрагмент метаграфа. Фрагментом метаграфа называется часть графа, содержащая произвольные вершины, ненаправленные ребра ($eo = false$) и произвольные метавершины.

Представление фрагмента метаграфа $MG_i: MG_i = \{ev_j\}, ev_j \in (V \cup E \cup MV)$, где ev_i – вершина, ребро или метавершина из объединения множеств вершин, ребер и метавершин всего метаграфа.

Представление метавершины:

$$mv_i = \langle \{atr_k\}, \{ev_j\} \rangle, \text{ где } mv_i \in MV, ev_j \in (V \cup E^{eo=false} \cup MV)$$

В работе [2] был представлен способ представления метаграфа как двудольного графа. Метавершина может быть представлена как обычная вершина с набором связей от нее к другим вершинам, метавершинам и ребрам, с которыми она связана или которые входят в нее. Ребра представлены в виде отдельного класса вершин с неименованными связями.

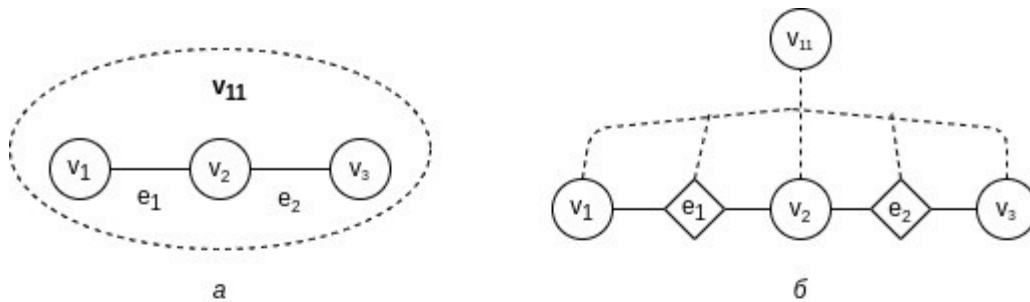


Рисунок 2. Представление метавершины в виде графа.

1.2.2. Структура ИЭМ

Также воспользуемся предложенным в работе [2] способом представления элементов метаграфа в виде единой структуры, которая называется информационным элементом метаграфа или, сокращенно, ИЭМ.

Представление ИЭМ:

$$ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle, \text{ где } RL \in \{RL_V, RL_E, RL_{MV}\}$$

где id – уникальный идентификатор элемента;

NM – наименование элемента;

VAL – значение элемента;

RL – роль элемента: V – «вершина», E – «ребро», MV – «метавершина»;

lnk_i – ссылка на другой ИЭМ, может обозначать как нетипизированную связь вершины и ребра, так и связь метавершины и входящих в нее элементов;

atr_j – атрибут элемента, который в рассматриваемой модели является метавершиной и может быть одного из трёх видов: типизированным $ATRT_T$, нетипизированным $ATRT_{NT}$ и ссылочным $ATRT_{REF}$.

$$atr_j \stackrel{def}{=} MG, atr_j \in \{ATRT_T, ATRT_{NT}, ATRT_{REF}\}$$

Типизированные и нетипизированные атрибуты содержат имя, значение и тип данных. Отличие в том, что значения типизированного атрибута могут быть только того типа, который привязан к имени атрибута, а в нетипизированных атрибутах тип данных привязан к значению, то есть один и тот же атрибут может содержать значения разных типов. Ссылочные атрибуты используются, чтобы ссылаться на фрагменты метаграфа.

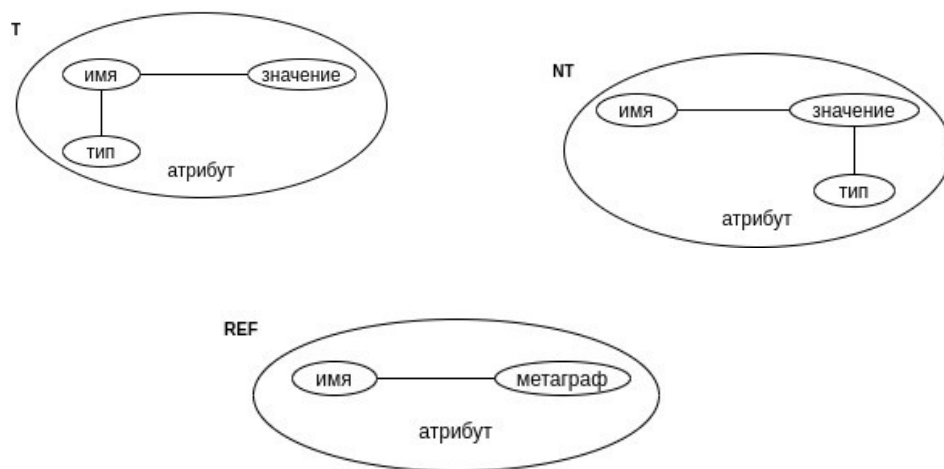


Рисунок 3. Виды атрибутов.

При помощи представления ИЭМ можно хранить и вершины, и метавершины, и ребра, поэтому метаграф можно определить как совокупность всех входящих в него ИЭМ: $MG = \{ИЭМ_i\}$.

2. Переход от метаграфовой модели к миварной.

В результате анализа теоретических сведений о миварной и метаграфовой моделях можно обнаружить закономерности, которые помогут преобразовать одну модель в другую.

Начнем преобразование с первого шага алгоритма задания представления данных, представленного в пункте 1.1.2: зададим структуру описания, то есть выделим основные оси миварного пространства.


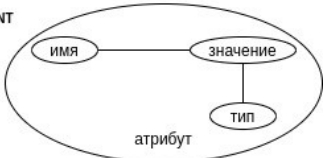
2.1. Преобразование нетипизированных и типизированных атрибутов метаграфовой модели.

Для начала рассмотрим нетипизированные и типизированные атрибуты.

Атрибуты данных типов являются метаграфами и содержат вершины: имя, тип, значение, связанные ненаправленными ребрами.

В миварной модели имеет смысл выделить ось имен всех нетипизированных и типизированных атрибутов. Если сравнивать с реляционной моделью и в частности с примером преобразования из реляционной модели в миварную в работе [1], то можно провести аналогию: ось имен всех атрибутов будет соответствовать оси заголовков столбцов таблиц, а вершины значений атрибутов — значениям в клетках таблицы.

Таблица 1. Преобразование атрибутов T и NT типов.

Элемент	Метаграфовый подход	Миварный подход
Атрибут (T, NT)	$atr_j \stackrel{def}{=} MG, atr_j \in \{ATRT_T, ATRT_{NT}\}$ $ATRT_T$ <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">T</div>  </div> $ATRT_{NT}$ <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">NT</div>  </div>	Ось названий всех атрибутов
	$\{имя_i\}, имя_i$ – уникальное название атрибута Множество значений атрибутов	Множество S уникальных названий атрибутов Значения в клетках таблицы (значения миваров)

2.2. Преобразование вершин метаграфовой модели.

В метаграфовой модели вершина характеризуется множеством атрибутов. Вершина может представлять какой-либо объект или понятие.

$$v_i = \{atr_k\}, v_i \in V$$

Исходя из единой структуры представления вершин, ребер и метавершин ИЭМ, где каждый из данных элементов имеет название, выделим ось названий всех вершин.

Таблица 2.

Преобразование вершин.

Элемент	Метаграфовый подход	Миварный подход
Вершина	$v_i = \{atr_k\}, v_i \in V$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$ $\{NM_i\}, NM_i$ – уникальное имя	Ось названий всех вершин Множество V названий вершин

2.3. Преобразование ребер метаграфовой модели

Ребро в метаграфе обозначает связь двух элементов, поэтому имеет смысл преобразовывать ребра метаграфовой модели в отношения в миварном подходе. Ребро представлено через начальную и конечную вершины, признак направленности и может иметь список атрибутов.

В миварном подходе каждое отношение характеризуется названием, миваром-образом и миваром-прообразом.

Начальная вершина из определения ребра в метаграфе будет соответствовать мивару-образу, а конечная вершина — мивару-прообразу.

Однако такое преобразование подойдет для случая, когда у ребра нет собственных атрибутов, поскольку в данном представлении отсутствуют указания на атрибуты.

Таблица 3.

Преобразование ребер без атрибутов.

Элемент	Метаграфовый подход	Миварный подход
Ребро без атрибутов	$e_i = \langle v_s, v_e, eo, \{atr_k\} \rangle, e_i \in E, eo = true \vee false$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$ $\{atr_k\} = \emptyset$	Отношение
	NM	Идентификатор связи
	v_s или из структуры ИЭМ начальная вершина, указанная в lnk_i	Мивар-образ — ссылается на конкретное название, принадлежащее оси названий всех вершин и соответствующее данной вершине
	v_e или из структуры ИЭМ конечная вершина, указанная в lnk_i	Мивар-прообраз — ссылается на конкретное название, принадлежащее оси названий всех вершин и соответствующее данной вершине

При наличии атрибутов у ребра воспользуемся идеей, представленной на рисунке 2, где представляется метавершина в виде графа. В нашем случае нас интересует конкретно тот момент, когда ребро представляется особой формой вершины.

Воспользуемся данной идеей и преобразуем ребро в вершину и добавим два новых ребра, не имеющих собственных атрибутов, которые будут связывать начальную вершину и новую вершину, обозначающую изначальное ребро, а также эту новую вершину и конечную вершину.

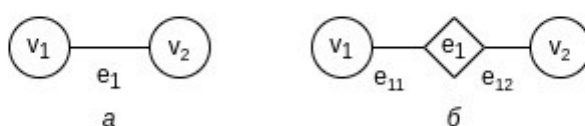


Рисунок 4. Представление ребра в виде вершины особого типа: а) изображение двух вершин и ребра между ними, б) представление ребра в виде вершины особого типа.

Далее можно предложить два варианта преобразования новой вершины в миварную форму:

1. Добавить ее название к множеству названий всех вершин, чтобы в дальнейшем относить ее к оси названий вершин, а все атрибуты добавить к множеству атрибутов (см. пункт преобразования типизированных и нетипизированных атрибутов).
2. Ввести новую ось для названий таких ребер с атрибутами.

На данном этапе исследования второй способ кажется избыточным, поэтому пока остановимся на первом варианте без выделения дополнительной оси. Необходимость введения дополнительной оси пока оставим для дальнейших исследований данного вопроса.

Таблица 4. Преобразование ребер с атрибутами.

Элемент	Метаграфовый подход	Миварный подход
Ребро с атрибутами	$e_i = \langle v_S, v_E, eo, \{atr_k\} \rangle, e_i \in E, eo = true \vee false$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_E, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$ $\{atr_k\} \neq \emptyset$ $e_i \rightarrow e_{i1}, v_{e1}, e_{i2}$	
e_{i1}	$e_{i1} = \langle v_S, v_{e1}, eo = True \rangle$ $ИЭМ = \langle id, NM_{i1}, VAL, RL_E, \{lnk_i\} \rangle$ NM_{i1} <p>v_S или из структуры ИЭМ начальная вершина, указанная в lnk_i</p> <p>v_{e1} или из структуры ИЭМ конечная вершина, указанная в lnk_i</p>	<p>Связь</p> <p>Идентификатор связи</p> <p>Мивар-образ — ссылается на конкретное название, принадлежащее оси названий всех вершин и соответствующее данной вершине</p> <p>Мивар-прообраз — ссылается на конкретное название, принадлежащее оси названий всех вершин и соответствующее данной вершине</p>
e_{i2}	$e_{i2} = \langle v_{e1}, v_E, eo = True \rangle$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_E, \{lnk_i\} \rangle$ NM_{i2} <p>v_{e1} или из структуры ИЭМ конечная вершина, указанная в lnk_i</p> <p>v_E или из структуры ИЭМ конечная вершина, указанная в lnk_i</p>	<p>Идентификатор связи</p> <p>Мивар-образ — ссылается на конкретное название, принадлежащее оси названий всех вершин и соответствующее данной вершине</p> <p>Мивар-прообраз — ссылается на конкретное название, принадлежащее оси названий всех вершин и соответствующее данной вершине</p>
v_{e1}	$v_{e1} = \{atr_k\}$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_V, \{atr_j\} \rangle$ NM $\{atr_k\}$	<p>Название вершины</p> <p>см. преобразование в таблице 1</p>

Подытожим преобразование ребер из метаграфовой модели в миварную модель. Чтобы осуществить преобразование, необходимо определить, есть ли у ребра атрибуты и если нет, то преобразовать ребро в связь в миварной модели. Если же атрибуты есть, то создается новая вершина, название которой добавляется к множеству всех названий вершин(ось названий вершин), и два новых ребра, которые преобразуются в связи по такому же принципу как и в случае ребер без атрибутов. Все атрибуты новой вершины.

2.4. Преобразование метавершин метаграфовой модели

Задача преобразования метавершин в представление в миварной модели более сложна, чем преобразование вершин, атрибутов и ребер. Чтобы представить метавершину в миварной модели, сначала необходимо осуществить некоторые преобразования, как и в случае ребра с атрибутами.

Представим метавершину mv_1 , которая содержит две вершины v_1 и v_2 , соединенные ребром e_1 . Пусть вершина v_1 соединяется ребром e_3 вершиной v_4 , которая не принадлежит множеству вершин метавершины mv_1 , а сама метавершина mv_1 пусть соединяется ребром e_2 с вершиной v_3 , которая также не принадлежит множеству вершин метавершины mv_1 .

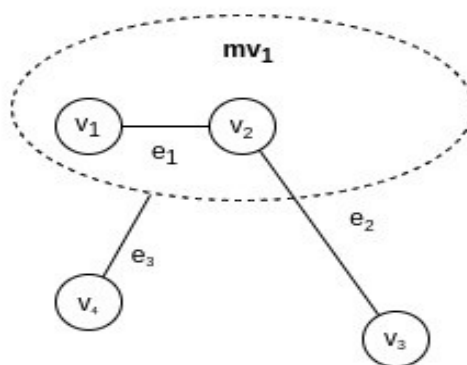


Рисунок 5. Метавершина mv_1 и ее связи с вершинами v_3, v_4 .

В данном случае также воспользуемся идеей, представленной на рисунке 2, где представляется метавершина в виде графа. Представим метавершину mv_1 в таком же формате, выделив ее в отдельную вершину, а ребро e_1 представим в виде вершины особого типа.

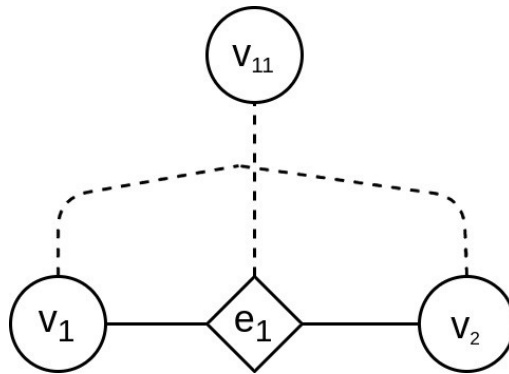


Рисунок 6. Представление метавершины mv_1 в виде графа.

Далее расширим данное представление вершинами v_3, v_4 с рисунка 5 и введем новые обозначения для новой вершины v_{e1} , созданной из ребра e_1 , для новых ребер e_{e1} и e_{e2} , которые соединяют вершины v_1 и v_{e1} , v_{e1} и v_2 , а также для ребер e_{111} , e_{112} и e_{113} , соединяющих новую вершину, образованную из метавершины mv_1 и вершины v_1, v_{e1} , и v_2 .

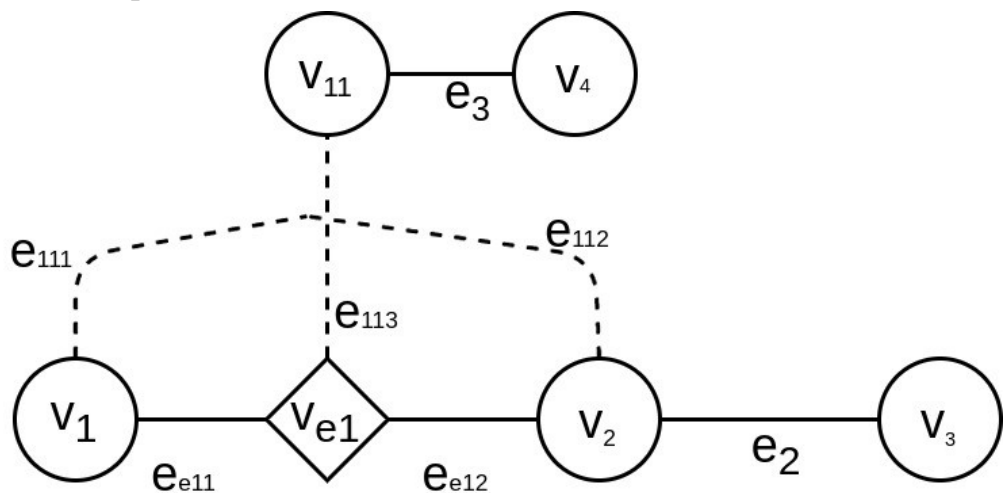


Рисунок 7. Представление метавершины mv_1 в виде графа и ее связей с вершинами v_3, v_4 .

В данном примере не станем сразу выделять ребра e_2, e_3 в отдельные вершины, поскольку если у них нет собственных атрибутов, то в этом нет необходимости. Преобразование ребер e_2, e_3 и вершин v_3, v_4 в миварное представление будет происходить по алгоритмам, представленным в предыдущих пунктах данной работы.

Таблица 5. Преобразование метавершины.

Элемент	Метаграфовый подход	Миварный подход
Метавершина	$mv_i = \langle \{atr_k\}, \{ev_j\} \rangle,$ $\text{где } mv_i \in MV, ev_j \in (V \cup E^{eo=false} \cup MV)$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_{MV}, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$	
Простейший случай, когда метавершина не содержит другие метавершины:	$mv_i = \langle \{atr_k\}, \{v_j, \dots, v_l, e_h, \dots, e_p\} \rangle$ $\text{где } mv_i \in MV, v_j, \dots, v_l \in V, e_h, \dots, e_p \in E^{eo=false}$	
	$mv_i \rightarrow v_i, v_j, \dots, v_l, v_{eh}, \dots, v_{ep},$ $e_{eh1}, e_{eh2}, \dots, e_{ep1}, e_{ep2}, e_{i1}, \dots, e_{iz}$	
v_i	<p>вершина, соответствующая метавершине $mv_i, v_i = \langle \{atr_k\} \rangle$</p> $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_V, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$	Ось названий всех вершин
	<p>NM — название изначального ребра</p> $\{atr_k\}$	<p>Добавляется в множество V названий вершин</p> <p>Алгоритм преобразования атрибутов (см. таблицу 1)</p>
$v_j, \dots, v_l \in V$	$v_j = \{atr_k\}$ $ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_V, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$	Ось названий всех вершин
	$\{NM_i\}, NM_i — \text{уникальное имя}$	Добавляется в множество V названий вершин

v_{eh}, \dots, v_{ep}	вершины, образованные из ребер	Ось названий всех вершин
$e_h, \dots, e_p, v_{eh} = \langle \{atr_{ehk}\} \rangle, \dots, v_{ep} = \langle \{atr_{epk}\} \rangle$		
$ИЭМ = \langle id, NM, VAL, RL_v, \{lnk_i\}, \{atr_j\} \rangle$		
$\{NM_i\}, NM_i$ – уникальное имя		Добавляется в множество V названий вершин
$\{atr_{ehk}\}, \{atr_{epk}\}$		Алгоритм преобразования атрибутов (см. таблицу 1)
$e_{eh1}, e_{eh2}, \dots,$ e_{ep1}, e_{ep2}	Ребра, соединяющие вершины v_j, \dots, v_l с вершинами v_{eh}, \dots, v_{ep} , не содержат атрибутов	
Для e_{eh1} $e_{eh1} = \langle v_j, v_{eh}, eo = True \rangle$ $ИЭМ = \langle id, NM_{eh1}, VAL, RL_E, \{lnk_i\} \rangle$		Алгоритм преобразования ребер без атрибутов (см таблицу 3)
Для e_{eh2} $e_{eh2} = \langle v_{eh}, v_n, eo = True \rangle, v_n \in v_j, \dots, v_l$ $ИЭМ = \langle id, NM_{eh2}, VAL, RL_E, \{lnk_i\} \rangle$		Алгоритм преобразования ребер без атрибутов (см таблицу 3)
e_{i1}, \dots, e_{iz}	Ребра , соединяющие вершину v_i , которая представляет изначальную метавершину, и вершины $v_j, \dots, v_l, v_{eh}, \dots, v_{ep}$, Данные ребра должны быть типа (иметь название) «содержит» или «является». Данные ребра не имеют атрибутов.	
Для e_{i1} $e_{i1} = \langle v_i, v_m, eo = True \rangle$ $v_m \in v_j, \dots, v_l, v_{eh}, \dots, v_{ep}$ $ИЭМ = \langle id, NM_{ei}, VAL, RL_E, \{lnk_i\} \rangle$ $NM_{ei} \in \langle \text{содержит} \text{является} \rangle$		Алгоритм преобразования ребер без атрибутов (см таблицу 3)

2.5. Итог: основные положения преобразования из метаграфовой модели в миварную.

Подытожим основные идеи данного метода преобразования метаграфа в миварную модель.

Во-первых, в миварном подходе выделяются две оси: ось названий вершин и ось названий всех атрибутов. Из названий всех вершин формируется множество V названий вершин. Из названий всех атрибутов формируется множество S названий атрибутов. Значениями миваров становятся значения свойств.

Во-вторых, ребра в метаграфе делятся на две категории: те, что не имеют атрибутов и те, что имеют атрибуты. Первые преобразуются в связи. Во втором случае создается новая вершина, название которой добавляется к множеству V названий вершин, атрибуты при наличии добавляются к множеству S названий атрибутов. Помимо новой вершины создаются два ребра, не имеющие атрибутов: одно от начальной вершины старого ребра к новой вершине и второе от новой вершины к конечной вершине старого ребра. Данные ребра преобразуются в связи в миварной модели.

В-третьих, метавершины преобразуются в форму двудольного графа. Создается новая вершина с атрибутами метавершины, название которой добавляется к множеству V названий вершин, атрибуты метавершины, при наличии, добавляются к множеству S названий атрибутов. Для ребер, соединяющих вершины, которые принадлежат данной метавершине, создаются новые вершины с атрибутами этих ребер и по два новых ребра без атрибутов от начальной вершины старого ребра к новой и от новой к конечной вершине старого ребра. Также добавляются ребра от новой вершины, характеризующей метавершину, ко всем вершинам, изначально принадлежащих метавершине, а также к новым вершинам, созданным из ребер. Все получившиеся ребра, атрибуты и вершины преобразуются в миварную модель аналогичным способом как и обычные вершины, атрибуты и ребра.

3. Пример перехода от метаграфовой модели к миварной.

3.1. Описание метаграфа.

В пункте 2 был представлен способ преобразования вершин, ребер, атрибутов и метавершин метаграфа в миварную модель. В данном разделе опишем небольшой пример, взяв за основу структуру представления данных миваров, описанную в пункте 1.1.3 данной работы.

Создадим метаграф, в котором будет метавершина mv_{11} «Отряд» в значении отряда детей в летнем лагере. Вершиной v_1 будет «Вожатый», а вершинами v_2, v_3 - вершины «Ребенок». Вершина v_1 будет связана с вершинами v_2, v_3 ребрами e_1, \dots, e_2 с названием «Управляет». Данное ребро не будет иметь атрибутов. Атрибуты вершин опишем далее в таблицах. Специально не будем усложнять пример, добавляя большее количество детей в отряд, поскольку при преобразовании метаграфа в форму графа появится много новых вершин и связей, а так как целью разбора данного примера является наглядно проиллюстрировать преобразование элементов метаграфа, то сложность полученного графа может повлиять на легкость восприятия метода.

Вне метавершины mv_1 добавим вершину v_4 «Конкурс» и соединим метавершину mv_1 с ней ребром e_3 «Победил». В атрибуты новой вершины добавим название конкурса, дату и место проведения.

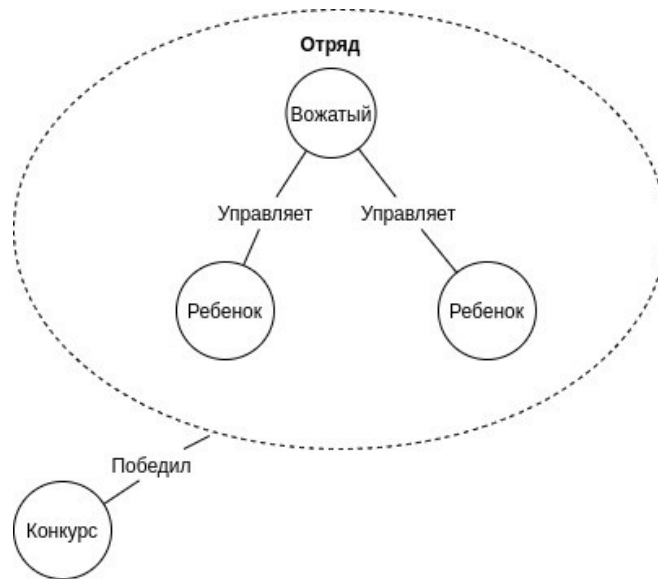


Рисунок 8. Метаграф «Отряд победил в конкурсе».

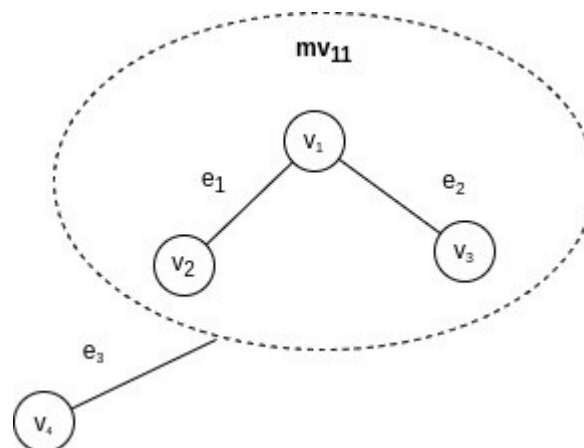


Рисунок 9. Метаграф с метавершиной mv_{11} .

3.2. Преобразование метаграфа в граф.

Вынесем метавершину mv_{11} в отдельную вершину v_{11} . «Отряд» Данная вершина будет содержать все атрибуты метавершины. Ребро e_3 «Победил», которое раньше соединяло метавершину mv_{11} и вершину v_4 «Конкурс» теперь соединяет новую вершину v_{11} и вершину v_4 . Ребра e_1, e_2 , которые раньше соединяли вершины v_1 и v_2 , v_1 и v_3 преобразуются в вершины v_{e1} и v_{e2} с названием «Управляет». Также добавляются ребра $e_{e11}, e_{e12}, e_{e21}, e_{e22}$, которые

соединяют начальные и конечные вершины старых ребер e_1, e_2 с новыми вершинами v_{e1} и v_{e2} с названием «Управляет». Для таких ребер дадим названия «Реберная1» и «Реберная2», чтобы было понятно, что они соединяют начальные вершины ребер e_1, e_2 с вершинами, образованными из ребер и вершины, образованные из ребер с конечными вершинами ребер e_1, e_2 .

Вершина v_{11} . «Отряд» теперь соединяется ребрами e_{111}, \dots, e_{115} с названием «Содержит» со всеми вершинами, которые принадлежали метавершине, и с вершинами, образованными из ребер, соединявших вершины, которые принадлежали метавершине.

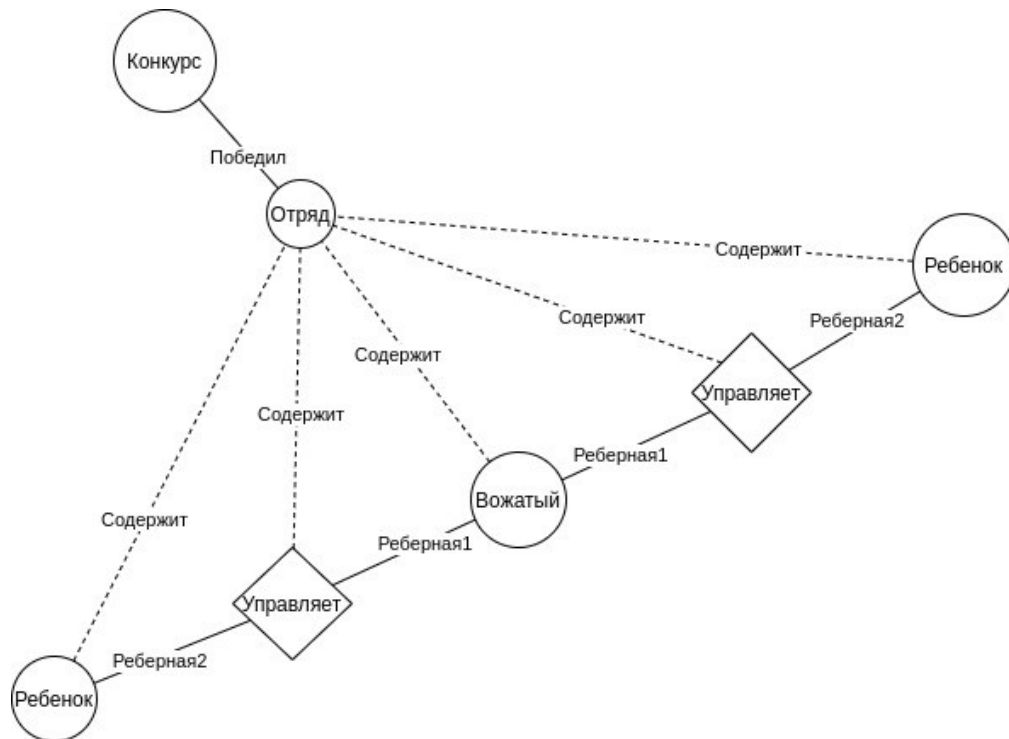


Рисунок 10. Метаграф, преобразованный в граф.

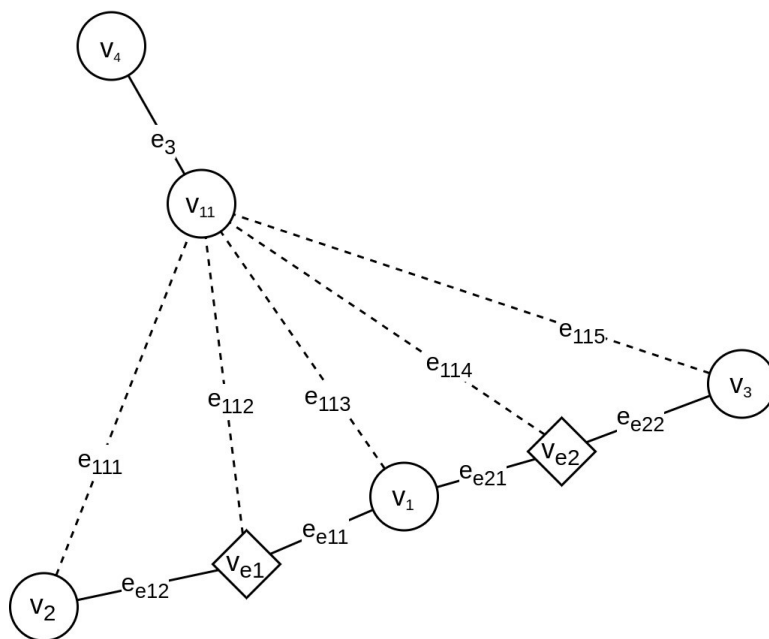


Рисунок 11. Метаграф, преобразованный в граф. Символьная форма.

Теперь метаграф преобразован в форму графа и можно начинать преобразование в миварную модель представления данных.

3.3. Описание примера в табличной форме.

Таблица 6. Вершины и их атрибуты

Название вершины	Атрибуты
Отряд	Код, название, возрастная категория
Ребенок	Номер, фамилия, имя, отчество, возраст
Вожатый	Номер, фамилия, имя, отчество, категория
Конкурс	Код, название, дата проведения, место проведения
Управляет	Код

Таблица 7. Преобразование ребер в связи

Название ребра	Тип связи	Типы сущностей
Содержит	Отряд детей	Отряд, ребенок
	Вожатый отряда	Отряд, вожатый
	В отряде вожатый управляет детьми	Отряд, управляет
Победил	Отряд-конкурс	Отряд, конкурс
Реберная1	Вожатый управляет	Вожатый, управляет
Реберная2	Управляет ребенком	Управляет, ребенок

Рассмотрим краткое описание этого примера (таблицы 8-12).

Таблица 8. Отряд

Отряд		
Код	Название	Возрастная категория
2	Звездочки	9-12 лет

Таблица 9. Ребенок

Ребенок				
Номер	Фамилия	Имя	Отчество	Возраст
451	Иванов	Михаил	Алексеевич	11
322	Петров	Олег	Дмитриевич	12

Таблица 10. Вожатый

Вожатый				
Номер	Фамилия	Имя	Отчество	Категория
21	Смирнова	Татьяна	Владимировна	Младший вожатый

Таблица 11. Конкурс

Конкурс			
Код	Название	Дата проведения	Адрес проведения
54	Веселые старты	10.07.2020	Пос. Петушки, ул. Ивановская, 5

Таблица 12. Управляет

Управляет
Код
65
88

3.4. Определение осей в миварном пространстве.

Сначала определим ось названий вершин.

Таблица 13. Ось названий вершин

1	ВЕР1	Отряд
2	ВЕР2	Ребенок
3	ВЕР3	Вожатый
4	ВЕР4	Конкурс
5	ВЕР5	Управляет

Определим ось названий атрибутов.

Таблица 14. Ось названий атрибутов

1	АТР1	Код
2	АТР2	Название
3	АТР3	Возрастная категория
4	АТР4	Номер
5	АТР5	Фамилия
6	АТР6	Имя
7	АТР7	Отчество
8	АТР8	Возраст
9	АТР9	Категория
10	АТР10	Код
11	АТР11	Дата проведения
12	АТР12	Место проведения

3.4. Определение структуры представления данных.

Все мивары будут однотипной структуры. В двумерной плоскости «названия вершин, названия атрибутов» определим точки пересечения.

1. Ось названий вершин — $\mathbf{ВЕР} = \mathbf{M(x, 0)} = \mathbf{M(x)}$;
2. Ось названий атрибутов — $\mathbf{АТР} = \mathbf{M(0, y)} = \mathbf{M(y)}$;
3. Ось объектов — $\mathbf{ОБ} = \mathbf{M(x, y, 0)} = \mathbf{M(x, y)}$
4. Мивары — клетки таблицы $\mathbf{(x, y, z)}$ или $\mathbf{M(x, y, z)}$

Таблица 15. Клетки двумерной плоскости <ВЕР,АТР>

1.	М(01,01)	Код отряда
2.	М(01,02)	Название отряда
3.	М(01,03)	Возрастная категория отряда
4.	М(02,04)	Номер ребенка
5.	М(02,05)	Фамилия ребенка
6.	М(02,06)	Имя ребенка
7.	М(02,07)	Отчество ребенка
8.	М(02,08)	Возраст ребенка
9.	М(03,04)	Номер водителя
10.	М(03,05)	Фамилия водителя
11.	М(03,06)	Имя водителя
12.	М(03,07)	Отчество водителя
13.	М(03,09)	Категория водителя
14.	М(04,04)	Номер конкурса
15.	М(04,02)	Название конкурса
16.	М(04,11)	Дата проведения конкурса
17.	М(04,12)	Место проведения конкурса
18.	М(05,01)	Код вершины управляет

Таблица 16. Двумерная схема миварного накопления данных.

АТР						
12				М(4,12)		
11				М(4,11)		
10						
9			М(3,9)			
8		М(2,8)				
7		М(2,7)	М(3,7)	М(4,7)		
6		М(2,6)	М(3,6)	М(4,6)		
5		М(2,5)	М(3,5)			
4		М(2,4)	М(3,4)	М(4,4)		
3	М(1,3)					
2	М(1,2)			М(4,2)		
1	М(1,1)				М(5,1)	
0	1	2	3	4	5	ВЕР

Таблица 17. Пример представления данных объектов.

1. M(01,01) код отряда

2

2. M(01,02) название отряда

звездочки

3. M(01,03) возрастная категория отряда

9-12 лет

4. M(02,04) номер ребенка

451	322
-----	-----
- ...
8. M(02,08) возраст ребенка

11	12
----	----
- ...
18. M(05,01) код вершины управляет

65	88
----	----

Таблица 18.

Пример представления данных вершины «Отряд».

M(01,01) код отряда		M(01,02) название отряда		M(01,03) возрастная категория отряда	
Номер	Значение	Номер	Значение	Номер	Значение
1	2	1	звездочки	1	9-12 лет

Таблица 19.

Пример миварного представления вершины«Отряд».

ВЕР1 (1,0,0)	АТР1 (0,1,0)	АТР2 (0,2,0)	АТР3 (0,3,0)
Отряд	Код	Название	Возрастная категория
<hr/>			
(1,0,1) Значение 1	(1,1,1) 2	(1,2,1) Звездочки	(1,3,1) 9-12 лет

Таблица 20.

Пример представления данных вершины «Ребенок».

M(02,04) номер ребенка		M(04,05) фамилия ребенка		M(04,06) имя ребенка		M(04,07) отчество ребенка		M(04,08) возраст ребенка	
Номер	Значение	Номер	Значение	Номер	Значение	Номер	Значение	Номер	Значение
1	451	1	Иванов	1	Михаил	1	Алексеевич	1	11
2	322	2	Петров	2	Олег	2	Дмитриевич	2	12

Таблица 21.

Пример миварного представления вершины «Ребенок».

ВЕР2 (1,0,0) Ребенок	АТР1 (0,4,0) Номер	АТР2 (0,5,0) Фамилия	АТР3 (0,6,0) Имя	АТР4 (0,7,0) Отчество	АР5 (0,8,0) Возраст
(2,0,1) Значение 1	(2,4,1) 451	(2,5,1) Иванов	(2,6,1) Михаил	(2,7,1) Алексеевич	(2,8,1) 11
(2,0,2) Значение 2	(2,4,2) 322	(2,5,2) Петров	(2,6,2) Олег	(2,7,2) Дмитриевич	(2,8,2) 12

Таблица 22. Описание связей.

Номер	Название	Образ	Прообраз
1	Отряд детей	Отряд	Ребенок
2	Вожатый отряда	Отряд	Вожатый
3	В отряде вожатый управляет детьми	Отряд	Управляет
4	Отряд-конкурс	Отряд	Конкурс
5	Вожатый управляет	Вожатый	Управляет
6	Управляет ребенком	Управляет	Ребенок

Представим пример представления связей в миварном трехмерном пространстве[1]. Чтобы задать значения для конкретной связи нужны три элемента: идентификатор связи с его конкретной реализацией; идентификаторы образа и прообраза, а также их значения.

Таблица 23. Представление связей метаграфа.

Номер реализации связи	Идентификатор связи	Реализация связи	Идентификатор образа	Значение образа	Идентификатор прообраза	Значение прообраза
1	VEC01	1	(1,0,0)	(1,1,1)	(2,0,0)	(2,4,1)
2	VEC01	2	(1,0,0)	(1,1,1)	(2,0,0)	(2,4,2)
3	VEC02	1	(1,0,0)	(1,1,1)	(3,0,0)	(3,4,1)
4	VEC03	1	(1,0,0)	(1,1,1)	(5,0,0)	(5,4,1)
5	VEC03	2	(1,0,0)	(1,1,1)	(5,0,0)	(5,4,2)
6	VEC04	1	(1,0,0)	(1,1,1)	(4,0,0)	(4,4,1)
7	VEC05	1	(3,0,0)	(3,4,1)	(5,0,0)	(5,1,1)
8	VEC05	2	(3,0,0)	(3,4,1)	(5,0,0)	(5,1,2)
9	VEC06	1	(5,0,0)	(5,1,1)	(2,0,0)	(2,4,1)
10	VEC06	2	(5,0,0)	(5,1,2)	(2,0,0)	(2,4,2)

Вывод.

В данной работе были проанализированы миварная и метаграфовая модели представления данных. В процессе анализа теоретической части была разработана версия алгоритма преобразования в миварную модель таких элементов метаграфовой модели как вершины, ребра, метавершины и атрибуты типизированного и нетипизированного типов. Однако данный алгоритм требует проведения еще более глубокого анализа для доработки слабых мест алгоритма и преобразования таких элементов метаграфовой модели как атрибуты ссылочного типа в миварную модель.

На практическом примере было показано как можно преобразовать простейший метаграф с одной метавершиной в трехмерное миварное пространство данных: **<ВЕР, АТР, ОБЪ>**.

Список использованных источников.

1. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Мивар-ное информационное пространство. М.: Радио и связь, 2002. 288 с.
2. Самохвалов Э. Н., Ревунков Г. И., Гапанюк Ю. Е. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. - 2015. - № 1. - С. 83-99.
3. В. М. Черненький, Ю. Е. Гапанюк, Г. И. Ревунков, В. И. Терехов, Ю. Т. Каганов. Метаграфовый подход для описания гибридных интеллектуальных информационных систем // Прикладная информатика. – 2017. – Т. 2, № 3 (69). – С. 57-79.
4. Астанин, С. В. Вложенные метаграфы как модели сложных объектов / С. В. Астанин, Н. В. Драгныш, Н. К. Жуковская // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. – 2012. – Т. 23. № 4-2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1434>
5. Е.С. Штогрин, А.С. Кривенко. Метод визуализации метаграфа. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики/ - 2014. - №3(91). -С. 124-130.