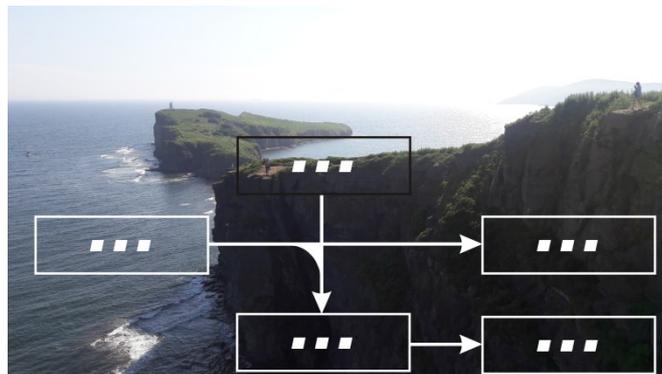


**К.А. Пшеничный, А.И. Спивак**

**МЕТОД КУСТА СОБЫТИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**



**Санкт-Петербург**

**2020**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**К.А. Пшеничный, А.И. Спивак**

**МЕТОД КУСТА СОБЫТИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**

**Учебно-методическое пособие**

**РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО  
по направлениям подготовки (специальностям)**

**11.03.03 - Проектирование и технология электронно-вычислительных средств,**

**23.04.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов,**

**45.03.04 - Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере**

**в качестве учебно-методического пособия для реализации основных  
профессиональных**

**образовательных программ высшего образования бакалавриата**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2020**

Пшеничный К.А., Спивак А.И. **Метод куста событий для решения задач представления знаний.** – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 35 с.

Рецензент: Муромцев Д.И., к.т.н., доцент

Пособие охватывает часть курса лекций, необходимых для усвоения программ дисциплин «Экспертные системы и логическое программирование», «Имитационное моделирование транспортных средств» и «Теория искусственного интеллекта». Изложены теоретические положения, лежащие в основе метода куста событий, и описана методика его построения.

Пособие предназначено для бакалавров по направлениям подготовки 11.03.03 - Проектирование и технология электронно-вычислительных средств и 45.03.04 - Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере и магистров по направлению 23.04.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, и содержит материалы лекций по дисциплинам «Экспертные системы и логическое программирование», «Имитационное моделирование транспортных средств» и «Теория искусственного интеллекта».



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2020

© Пшеничный К.А., Спивак А.И. 2020

Иллюстрация на обложке © Нагорнова Н.Н., Пшеничный К.А. 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 4  |
| 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ МЕТОДА КУСТА СОБЫТИЙ.....   | 6  |
| 1.1 Вводные соображения.....                           | 6  |
| 1.2 Базовый формализм куста событий.....               | 7  |
| 1.3 Архитектура и базовый синтаксис куста событий..... | 10 |
| 1.4 Союзы и сценарии куста событий.....                | 12 |
| 1.5 Употребление и модусы союзов куста событий.....    | 16 |
| 1.5.1 Союз течения.....                                | 17 |
| 1.5.2 Союз влияния.....                                | 18 |
| 1.5.3 Союз разлива.....                                | 20 |
| 1.5.4 Союз слияния.....                                | 22 |
| 2. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КУСТА СОБЫТИЙ.....              | 24 |
| ЛИТЕРАТУРА.....  | 35 |

## ВВЕДЕНИЕ

Куст событий — это новый метод представления знаний, направленный на моделирование знаний о меняющихся, развивающихся, эволюционирующих обстановках. Его характерной особенностью является высокая семантическая строгость, присущая методам, описывающим знание об объектах или процессах в неизменном мире (онтологии, концептуальные графы и другие).

За неполные двадцать лет, прошедшие с момента появления первых работ о кусте событий, метод успел получить применение в таких разных областях, как, например, информационная безопасность, геология, история, маркетинг, архивное дело. Он регулярно используется в выпускных квалификационных работах и кандидатских диссертациях на нескольких факультетах Университета ИТМО. В этой связи дополнительные лекционные и практические занятия по данному методу введены в состав курсов «Экспертные системы и логическое программирование», «Имитационное моделирование транспортных средств» и «Теория искусственного интеллекта». В то же время, сведения о методе куста событий рассыпаны во многих публикациях на разных языках, эти публикации отражают разные этапы становления метода и степени его теоретической зрелости. Налицо необходимость в работе, представляющей метод в его окончательном виде на русском языке в форме, понятной студентам и заинтересованным неспециалистам. Настоящее пособие призвано удовлетворить эту необходимость.

В данном пособии представлены лекционные материалы, рекомендуемые к включению в курсы по экспертным системам, имитационному моделированию и теории искусственного интеллекта. Требования к обучающимся включают в себя знание основ классической логики и теории графов.

В конце пособия приводится список использованных источников литературы.

Материалы пособия направлены на формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций ОПК-1, ОПК-6 и профессиональных компетенций ПК-2, ПК-17, ПК-18.

В результате освоения материалов пособия обучающийся приобретает следующие знания, умения и навыки:

- знание основных понятий и концепции метода куста событий;
- знание характера задач, решаемых данным методом, и возможностей дальнейшего развития самого метода;
- умение формулировать задачи для решения их методом куста событий;
- навыки разработки архитектуры кустов событий;

- навыки анализа сценариев, решения задач реконструкции, прогноза и сравнения в кусте событий.

Таким образом, обучающийся должен быть в состоянии самостоятельно сформулировать задачу, построить куст событий и проанализировать его. Индикатором успешности освоения материала является выполнение практической работы по заданию преподавателя.

Распределение трудозатрат студентов в аудитории и в процессе СРС представлено в соответствии с программой изучаемых дисциплин. В рамках самостоятельной работы студентам рекомендуется отвести на изучение теоретических материалов ориентировочно четыре часа, на самостоятельное изучение дополнительных источников информации – около десяти часов.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ МЕТОДА КУСТА СОБЫТИЙ

## 1.1 Вводные соображения

Изменяющееся и неизменное – это едва ли не самые фундаментальные категории нашего мышления и восприятия, лежащие в основании любого человеческого знания. При этом мышление склонно представлять неизменное как отношения между вещью и признаком, вещью и вещью, признаком и признаком или отношение между самими этими отношениями. Вещи и признаки, запечатлённые в естественном языке как понятия, или концепты, становятся объектом инженерии знаний, создающей из них те или иные построения – как правило, визуализируемые и математически выразимые как графы.

Эти построения – семантические сети, концептуальные графы и иные – задают формализованную «анатомию» любой предметной области, будь то функционирование предприятия, экологическая система региона, доставка товаров в торговую сеть или философская теория. Например, понятия «цех» и «комплектующие» будут связаны отношением «получать», понятия «растения» и «солнечная энергия» – отношением «потреблять», понятия «Московский методологический кружок» и «герменевтика» – отношением «проявлять интерес к». И если картина мира принимается неизменной (цех получает комплектующие, растения потребляют солнечную энергию, а Московский методологический кружок тысячелетиями проявляет интерес к герменевтическим исследованиям), то нам, может быть, и хватило бы этих представлений об «анатомии» области действительности, дополненных, когда это нужно, количественными характеристиками в виде функциональных зависимостей (сколько и когда одни получают, другие потребляют, третьи выдают на-гора), которые описывали бы её «физиологию». Но мир, к счастью, склонен меняться – причём не всегда предсказуемо и не всегда под воздействием понятных обстоятельств. Вещи меняются порой «сами собой», что исключает возможность описать эти изменения алгоритмически, в виде условных переходов. «Да, человек смертен, но это было бы еще полбеды. Плохо то, что он иногда внезапно смертен, вот в чем фокус! И вообще не может сказать, что он будет делать в сегодняшней вечер» – эти слова М.А. Булгакова из романа «Мастер и Маргарита» применимы не только к человеку, а вообще к любому феномену бытия.

Соответственно, методы инженерии и представления знаний, математически выразимые как графы, делятся на две обширные категории: методы, описывающие неподвижные обстановки (например, товары на

полке, человек, бегущий в парке, работающее предприятие), и методы, которые описывают ситуации, подверженные изменениям (падение спроса, расширение производства, вечерние приключения). В первом случае отношения между вещью и признаком, вещью и вещью или признаком и признаком постоянны, во втором – могут меняться.

В первую категорию попадают наиболее известные и семантически строгие средства инженерии знаний – онтологии, концептуальные графы [1], а также все диаграммы классов языка UML. Высокая степень их семантической проработанности связана с тем, что неподвижные обстановки более или менее удовлетворительно описываются взаимосвязанными формализмами - классической логикой и теорией множеств.

Во вторую категорию входят разнообразные по своему происхождению и первоначальному назначению методы и подходы: деревья событий (решений, отказов и т.д. [2]), байесовские сети [3], диаграммы поведения UML (включая сети Петри [4]). Они применяются не менее широко, но спецификой данных методов является невозможность отображения изменяющихся обстановок и агентов на уровне конкретных «действующих лиц» средствами логики и теории множеств [5]. Вследствие этого узлы в концептуальных моделях второй категории представлены либо функциями или параметрами, либо сугубо интуитивными словесными формулировками, в большинстве случаев не поддающимися сквозной (единой для всей модели) логической формализации.

Таким образом, в инженерии знаний существует потребность в методе, который позволял бы описывать изменения отношений между вещами или между вещами и признаками и при этом был бы так же строг и формален, как онтологии или концептуальные графы. Именно с этой целью и был разработан метод *куста событий* [6][7].

## 1.2 Базовый формализм куста событий

В отличие от других методов, куст событий основан на принципах, отличающихся от логики и от теории множеств. Его семантика описывается теорией совокупностей. Её аксиоматическое изложение приведено в работе К.А. Пшеничного [5]. Здесь мы дадим лишь краткий обзор её основных положений, необходимых для обоснования метода куста событий.

Теория совокупностей оперирует объектами «обозначенные смыслы», «обозначенная бессмыслица» (семантическая или синтаксическая) и «наполнение». Первые и последнее вместе образуют *совокупности*, или наполненные обозначенные смыслы, понимаемые как объекты и факты бытия [5]. Обозначенный смысл сам по себе можно

трактовать в терминах логики как объект, представляющий собой отдельно взятое содержание (концепт, интенционал) понятия и выражение для него в том или ином языке. При этом постулируется, что одно и то же обозначение не может относиться к смыслу и к бессмыслице.

Отношения между обозначенными смыслами, в отличие от теоретико-множественных отношений, выстраиваются независимо от наполнения, а сама возможность наличия наполнения определяется видом и позицией смысла в контексте. Обозначенные смыслы состоят друг с другом в отношениях подчинения, тождества, несовместимости, пересечения или посвящения, а также порождения.

Различают смыслы вещей и отношений (предметы или события) и смыслы признаков (приметы). Любые два предмета несовместимы. Предметы пересекаются с приметами либо подчинены им. События суть минимальные пересечения предметов и примет. Остальная часть предмета, не пересекающаяся с данной приметой, является *отрицанием* данной приметы (говорят, что это отрицание приметы по такому-то предмету). Любые два события несовместимы. Предмет, подчинённый примете и пересекающийся не менее, чем с одной приметой, образует семейство событий и тождественен ему. Само по себе семейство событий не является единым смыслом. Прямых отношений между приметами нет. Приметы в контексте, кроме самых общих, *порождаются* смыслами вещей, не имеющими подчинённых смыслов (то есть событиями или предметами, в которые не входят события). Смысл вещи может породить только одну примету. В таком случае говорят, что этот смысл является «отцом», а порождаемая примета – «дочерью». Всякий предмет в контексте должен быть подчинён примете, но не своей «дочери». Примета, подчиняющая предмет или событие, называется его универсумом. Примета не может быть подчинена предмету или событию и не совместима с предметом или событием, породившим её. Самые общие универсумы, которые не могут быть порождены ни одним предметом контекста, порождаются семантической бессмыслицей. Она же является результатом пересечения двух несовместимых обозначенных смыслов (например, любых двух предметов или событий). В отличие от семантической бессмыслицы (которая единственна), синтаксическая бессмыслица — это любой набор обозначенных смыслов, не представляющий собой единого смысла, например, любые два предмета, взятые вместе. Синтаксических бессмыслиц бесконечно много, и над ними разрешены некоторые операции, определённые для обозначенных смыслов. Визуальная нотация, представляющая отношения между обозначенными смыслами в теории совокупностей, и соответствующий графический конструкт называются *предметкой*.

Наполнением независимо от других обозначенных смыслов могут обладать только смыслы вещей — предметы или события. Приметы могут

обладать наполнением только на пересечениях с предметами (в широком смысле, пересечениями являются либо собственно предметы, либо события). При этом наполнение может «перетекать», мигрировать от смысла к смыслу. Если смысл наполнен, считается, что он обладает бытием, то есть существует в «физической реальности», если нет — он пребывает в мире чистых смыслов.

Для формального описания переходов наполнения в теории совокупностей вводится понятие *союза* как оператора, связывающего два списка совокупностей [8]. С небольшими изменениями это определение выглядит так:

$$(V_1, V_2, \dots, V_i) \text{ Connective } (V_{i+1}, V_{i+2}, \dots, V_j)$$

где *Connective* — союз,  $i, j=1, 2, \dots, n$ ,  $n$  — натуральное число,  $V$  — это совокупность (то есть наполненный раскрытый смысл),  $(V_1, V_2, \dots, V_i)$  — левый, или причинный, список совокупностей, а  $(V_{i+1}, V_{i+2}, \dots, V_j)$  — правый список. Каждое  $V$  есть либо предмет, имеющий дочернюю примету (и, следовательно, не имеющий сыновей, то есть событий), или предмет, не имеющий ни дочерей, ни сыновей («одиночка»), либо событие из любого семейства событий, имеющее или не имеющее дочернюю примету.

Ни левый, ни правый списки не могут быть пустыми или бесконечными. Совокупности в списке не могут повторяться, в противном случае копии удаляются. В то же время одни и те же совокупности могут входить и в левый, и в правый списки.

*Изменение наполнения* в моделируемой обстановке — это правильно построенное выражение, включающее один союз и совокупности, к которым он относится, то есть левый и правый списки. Можно сказать, что совокупности из левого списка совместно *влекут* совокупности из правого списка.

Союзы теории совокупностей классифицируются по количеству совокупностей слева и справа. Очевидно, при этом возможно четыре варианта: «несколько — несколько», «несколько — один», «один — несколько» и «один — один». Из чисто визуальных соображений эти случаи названы буквами старославянского алфавита: соответственно живот, шта, йон и ижен (рис. 1).

При выборе данных букв имелось в виду, что причинный (левый) список совокупностей отображается верхней, а следственный (правый) — нижней половинами буквы. Каждый из этих союзов имеет модусы, выделяемые под номерами (например, «модус 2 союза типа *йон*»). Данные модусы подробно рассмотрены в работе К.А. Пшеничного [9].

Вышеприведённые теоретические положения позволяют дать формальное определение кусту событий. Изложение его теоретических основ и методики построения будет также дано по упомянутой работе.

$$(E_1, E_2, \dots, E_i) \quad \mathbf{Ж} \quad (E_{i+1}, E_{i+2}, \dots, E_j) \quad (\text{a})$$

|                          |          |                          |     |
|--------------------------|----------|--------------------------|-----|
| $(E_1, E_2, \dots, E_i)$ | $\Psi$   | $E_{i+1}$                | (б) |
| $E_1$                    | $\Delta$ | $(E_2, E_3, \dots, E_i)$ | (в) |
| $E_1$                    | $\Gamma$ | $E_2$                    | (г) |

Рис. 1. Общие типы союзов в грамматике описания знания о динамических объектах: живот (а), шта (б), йон (в), ижен (г) [8]

### 1.3 Архитектура и базовый синтаксис куста событий

Куст событий — это полидерево, составленное из союзов типа *ижен*, *йон* и *шта* и связывающее события [9].

События  $E$  являются единственным видом совокупностей в кусте событий:  $V=E$ . Событие определяется как спецификация предмета  $S$ , подчинённого приметам-универсумам  $P^u_1, \dots, P^u_m$ , посредством пересекающихся с ним примет  $P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, P_{n-1}, P_n$  либо их отрицаний по предмету  $S, \sim^S P_i$ , (далее просто  $\sim P_i$ ),  $m+1 \leq i \leq n$ :

$$E = S - P^u_1, \dots, P^u_m, (\sim^S)P_{m+1}, (\sim^S)P_{m+2}, \dots, (\sim^S)P_{n-1}, (\sim^S)P_n,$$

где  $(\sim^S)$  означает «с отрицанием по  $S$  или без» [5].

В качестве примеров событий можно привести утверждения: «Амба  $S$  – это тигр  $P^u_1$ , который живёт в уссурийской тайге  $P_2$  и внушает ужас волкам  $P_3$ » или «Иван  $S$  (это человек  $P^u_1$ , который) вышел из дома  $P_2$  в прекрасном настроении  $P_3$ , подумывая пойти на пляж  $P_4$ , но всё же решил туда не идти  $\sim P_5$ ». В формулировке события каждая примета может встречаться лишь однажды, либо с отрицанием (если не универсум), либо без него.

Структура и состав куста событий описываются следующими аксиомами.

Каждое событие принадлежит к одному из четырёх типов, определяющих положение в кусте: *(ia)* первичные внутренние, *(ib)* первичные внешние, *(ii)* вторичные и *(iii)* третичные. Событие  $E$  в кусте событий включает в себя не только предмет и приметы, но и тип: *(ia)*  $E$ , *(ib)*  $E$ , *(ii)*  $E$  или *(iii)*  $E$ .

Смыслы-«отцы» примет, участвующих в событиях *(ia)* и *(ib)*, не входят в моделируемую обстановку. Таким образом, куст событий изначально является открытой системой представлений, которая может быть расширена.

Между типами событий устанавливаются следующие отношения:

- каждое событие *(ia)* в одиночку влечёт одно событие *(ii)* либо одно событие *(iii)*;

- каждое событие *(ib)* влечёт одно или более событий *(ii)*, и делает это только в паре с событием *(ia)* или другим событием *(ii)*;

- пара событий *(ia)* и *(ib)* может влечь только одно событие *(ii)*;

- каждое событие  $(ii)$  вызвано либо одним событием  $(ia)$ , либо парой событий  $(ia)$  и  $(ib)$ , либо одним событием  $(ii)$ , либо несколькими событиями  $(ii)$ ;

- каждое событие  $(iii)$  вызвано либо одним событием  $(ia)$ , либо одним событием  $(ii)$ ;

- ни одно событие  $(iii)$  не влечёт никакое событие;

- никакое событие не влечёт события  $(ia)$  или  $(ib)$ .

Эти отношения означают, что:

- событие  $(ia)$  без события  $(ib)$  или  $(ii)$  может влечь только одно событие  $(ii)$  либо одно событие  $(iii)$ ;

- событие  $(ia)$  не может влечь никакое событие вместе с другим событием  $(ia)$ ;

- событие  $(ib)$  может влечь только событие  $(ii)$ , и только в паре с событием  $(ia)$  или другим событием  $(ii)$ ; оно не может влечь никакое событие в одиночку.

Отношения между типами событий и список разрешённых и запрещённых переходов определяют общую архитектуру куста событий и направленность потоков в нём (рис. 2).

...ИЗМЕНЯТСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ



Рис. 2. Отношения между типами событий в кусте событий [6]

В общем виде для описания меняющихся обстановок в теории совокупностей предложен следующий понятийный аппарат [9].

*Изменение* наполнения в обстановке — это правильно построенное выражение, включающее один союз и совокупности, к которым он относится, то есть левый и правый списки. Можно сказать, что

совокупности из левого списка совместно влекут совокупности из правого списка.

Если в одной обстановке есть два таких изменения, что некоторые совокупности из правого списка одного входят в левый список другого, будем называть такие изменения *связанными*. Последовательность связанных изменений определяется как *сценарий*. Если в сценарий входят только такие события, что для каждой приметы каждого события известен порождающий её смысл (смысл-отец), такой сценарий называется *поток*ом.

*Поток в кусте событий* — это такой поток событий, что в левый список его первого (самого левого) изменения входит событие типа (*ia*), правый список самого правого изменения состоит из единственного события, и это событие типа (*iii*), а в левый список любого изменения входит правый список предыдущего.

Структура куста событий является *многопоточковой*, то есть в нём всегда существует не менее двух потоков.

#### 1.4 Союзы и сценарии куста событий

Отношения между событиями реализуются *союзами* куста событий, которые являются спецификациями типов событий, выделяемых в теории совокупностей. В кусте событий присутствуют следующие союзы.

В куст событий входят специфические, определённые только для данного метода союзы, но все они являются спецификациями, частными случаями союзов теории совокупностей [9].

- Союз течения *Flux* (рис. 3):

$$E_i \text{ Flux } E_j$$

или

$$S_{1-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{S1}P_{n-1}, \sim^{S1}P_n \text{ Flux } S_{2-P^u_k}, \dots, P^u_r, P_{r+1}, P_{r+2}, \dots, \sim^{S2}P_{t-1}, \sim^{S2}P_t$$

является союзом типа *izhen* (любого модуса) при допущении, что, по крайней мере, у одной утверждаемой (взятой без отрицания) приметы её смысл-«отец» не входит в куст событий.

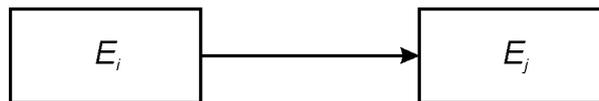


Рис 3. Графическое отображение союза течения [9]

В модусе 1 типа *izhen* у союза течения меняется положение, или тип, события. При этом возможны три варианта (рис. 4):

$$(ia)S_{1-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{S1}P_{n-1}, \sim^{S1}P_n \text{ Flux Modus 1 } (ii)S_{1-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{S1}P_{n-1}, \sim^{S1}P_n;$$

(ia)  $S_{I-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{SI}P_{n-1}, \sim^{SI}P_n$  Flux Modus 1 (iii)  $S_{I-P^u_1}, \dots, P^u_m,$   
 $P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{SI}P_{n-1}, \sim^{SI}P_n;$

И

(ii)  $S_{I-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{SI}P_{n-1}, \sim^{SI}P_n$  Flux Modus 1 (iii)  $S_{I-P^u_1}, \dots, P^u_m,$   
 $P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{SI}P_{n-1}, \sim^{SI}P_n.$

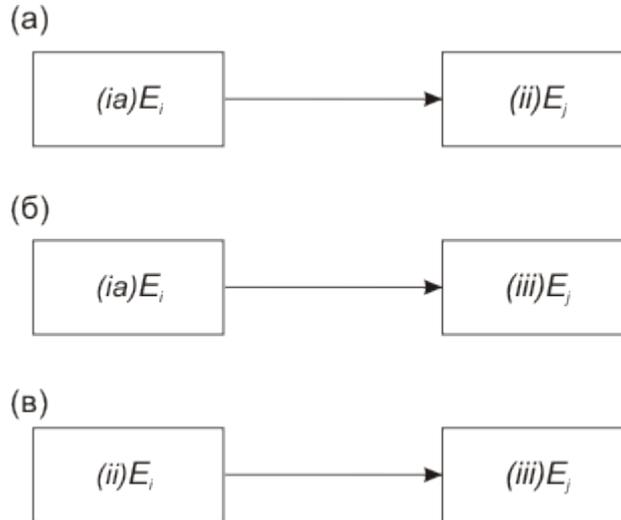


Рис. 4. Три варианта модуса 1 союза типа *izhen* в кусте событий [9]:  
 изменение происходит (а) от первичного внешнего ко вторичному  
 событию, (б) от первичного внешнего к третичному, (в) от вторичного к  
 третичному

Если предмет в событиях слева и справа один и тот же, в одном употреблении союза течения может меняться утвердительность не более, чем одной приметы (утверждение может сменяться отрицанием или наоборот).

- Союз *вливания Influx* (рис. 5):

$$E_i^{Ej} \text{ Influx } E_i$$

или

$$(S_{I-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{SI}P_{n-1}, \sim^{SI}P_n)^{E2} \text{ Influx } S_{I-P^u_1}, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2},$$

$$\dots, P_{n-1}, \sim^{SI}P_n$$

является союзом типа *izhen* (любого модуса) при допущении, что смысл-«отец» приметы  $P_{n-1}$  (отрицаемой слева и утверждаемой справа от союза) входит в куст событий. Это может реализовываться двумя различными способами. Либо «отцом»  $P_{n-1}$  является предмет  $S_2$ , и тогда  $E_2$  — это предмет-событие:  $E_2 = S_2 - P^u_k, \dots, P^u_r$ , либо «отцом»  $P_{n-1}$  является событие  $E_2$ :  $E_2 = S_2 - P^u_k, \dots, P^u_r, P_{r+1}, P_{r+2}, \dots, \sim^{E2}P_{t-1}, \sim^{E2}P_t$ , и тогда примета  $P_{n-1}$  порождена не просто предметом  $S_2$ , но всей комбинацией этого предмета и тех примет и даже их отрицаний, которые и составляют данное событие.

Событие  $E_j$  называется *изменяющим* (пишется верхним индексом), а  $E_i$  — *изменяемым*.

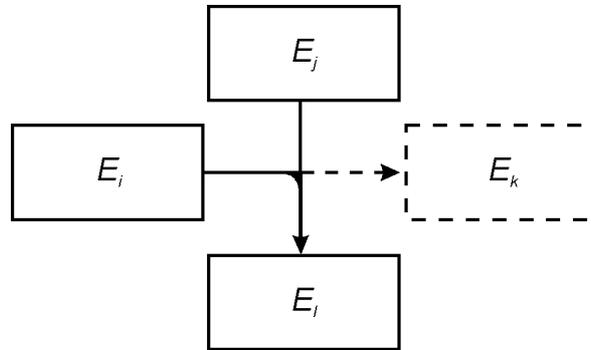


Рис 5. Графическое отображение союза влияния [9]

- Союз *разлива Split* (рис. 6):

$$E_i \text{ Split } E_{i+1}, \dots, E_n$$

является союзом модуса 2 типа *yon*. Он применим только к вторичным событиям и только в том случае, если вторичное событие  $(ii) S_l - P^u_1, \dots, P^u_m, P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, \sim^{Sl} P_{n-1}, \sim^{Sl} P_n$  влечёт несколько других вторичных событий, каждое из которых отличается от исходного на один знак отрицания (иными словами, одна примера, утверждаемая в «левом» событии, отрицается в одном из «правых», или наоборот). Теоретически, таких вариантов может быть столько, сколько возможно сочетаний вовлечённых в «левое» событие примет-не-универсумов и их отрицаний (с учётом аксиом исключения).

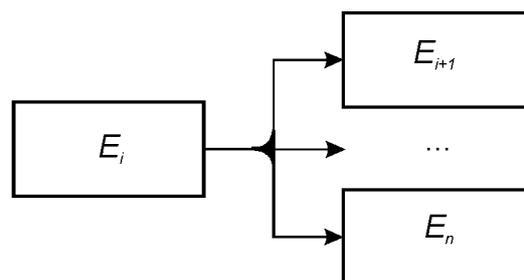


Рис 6. Графическое отображение союза разлива [9]

- С одним и тем же набором событий и тем же их положением на позициях  $(ia)$ ,  $(ib)$ ,  $(ii)$  и  $(iii)$  можно построить несколько кустов событий, которые будут различаться только переходами от событий к событиям. Такие кусты будут образовывать *семейство*. Если в семействе кустов возникает ситуация, что от одного и того же события  $E_i$  в одном кусте идёт изменение течения  $E_i \text{ Flux } E_{i+1}$ , в другом —  $E_i \text{ Flux } E_{i+2}$  и так далее, вплоть

до  $E_i Flux E_n$  в последнем кусте семейства, вводится отношение *ветвления* (*furcation*):

$$E_i Furcation E_{i+1}, \dots, E_n,$$

в графической нотации выделяемое чёрным кружком. Внешне оно напоминает союз типа *йон*, но фактически ветвление не является союзом, а представляет собой не более чем обозначение наложения нескольких союзов течения и/или разлива в различных, хотя и похожих друг на друга, кустах событий.

- Союз *слияния Conflux* (рис. 7):

$$E_1, E_2, \dots, E_{n-1} Conflux E_n$$

является союзом *шта* безо всякой специфики.

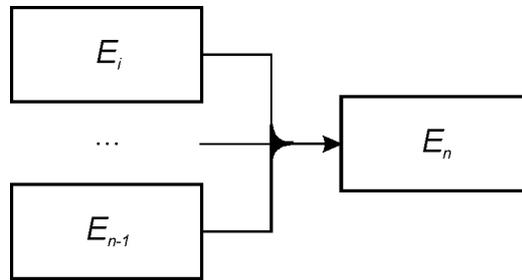


Рис 7. Графическое отображение союза слияния [9].

Для описания структуры куста событий необходимо ещё несколько аксиом и следствий из вышеизложенных положений.

Союзы типа *zhivot* не используются в кусте событий.

Куст событий с необходимостью включает в себя союзы течения и влияния и может (но необязательно) включать союзы слияния и разлива.

Поток в кусте событий всегда прослеживается от события (*ia*) к событию (*iii*). Внутри некоторых потоков необходимо присутствует изменение с союзом влияния. В поток включается изменяющее событие типа (*ib*) или (*ii*), но не включаются события, которые повлекли его прямо или косвенно. В кусте событий не может быть событий, не включённых в тот или иной поток.

Циклы в кусте событий не допускаются. (В противном случае это может быть иной метод концептуального моделирования, не рассматриваемый здесь).

При использовании куста событий в различных областях знаний вышеприведённые положения могут дополняться специфическими ограничениями, вводимыми с большей или меньшей степенью строгости. Например, в некоторых случаях вводится оператор «более не значима» (для примет [10]), в некоторых — создаются многокустовые структуры [11], в некоторых — событиям в кусте присваиваются вероятностные,

нечёткие или параметрические значения, а союзам придаётся вычислительный смысл [6].

## 1.5 Употребление и модусы союзов куста событий

Союзы куста событий, как и союзы любого языка — и формального, и естественного — являются грамматическими инструментами для выражения композиций смыслов. Поэтому если для создания и изложения той или иной теории или метода бывает достаточно определить набор союзов или операторов и показать, что их употребление не приводит к нежелательным последствиям (например, к противоречию), то когда речь заходит о применении теории или метода на практике, необходимо разобраться, как именно их употреблять, каким ситуациям они адекватны, какие формальные разновидности этих союзов возможны — и какие оттенки смысла они передают. Только вооружившись этими представлениями, можно эффективно использовать предлагаемую теорию или метод. Ниже будет произведён именно такой разбор союзов куста событий. Оговоримся сразу, что предлагаемые разновидности (или модусы) союзов куста событий выделяются не только по формальному признаку. Мы выделяем не все подряд формально различные виды одного и того же союза, а только такие, которые, по нашим представлениям, соответствуют значимому смысловому оттенку. Соответственно, в их выделении присутствует доля субъективности. Для простоты восприятия события будут записаны в «минимальном варианте»: предмет, одна примета-универсум и минимально необходимое для демонстрации число (как правило, тоже одна) пересекающаяся примета или её отрицание. Если для демонстрации модуса не имеет значения, с отрицанием взята та или иная примета или без, она берётся без отрицания.

### 1.5.1 Союз течения

В союзе течения, описывающем переход наполнения от одного события ( $E_i$ ) к другому ( $E_j$ ),  $E_i Flux E_j$ , мы выделяем четыре модуса (разновидности).

1. Изменение предмета в правом событии при сохранении примет:

$$(ii) S_i \text{---} P_k^u P_l Flux Modus 1 (ii) S_j \text{---} P_k^u P_l.$$

Например, «Вода ( $S_i$ ) в русле реки ( $P_k^u$ ) падает с уступа ( $P_l$ ) *Flux Modus 1* Лёд ( $S_j$ ) в русле реки ( $P_k^u$ ) падает с уступа ( $P_l$ )» — смена водопада на ледопад при замерзании реки до дна. Это удобная форма отражения

перемен, происходящих «самопроизвольно», или тех случаев, когда нам не интересна причина.

Данный модус может отражать и иной смысл: «Иванов ( $S_i$ ) вошёл в комнату ( $P^u_k$ ) и сел за стол ( $P_l$ ) Flux Modus 1 Смехом ( $S_j$ ) наполнилась комната ( $P^u_k$ ), смехом взорвался стол ( $P_l$ )» (буквально: смех наполнил комнату и «взорвал» стол). В этом случае, очевидно, речь идёт о чём-то, что «испускает» совокупность, отражаемую предметом  $S_i$ , Можно представить и обобщающий вариант, сочетающий оба смысла: например, лёд лежит в ёмкости и тает, образуя воду в этой же ёмкости.

Наконец, модус 1 может передавать ещё один смысл — простое влияние совокупности  $S_i$  на совокупность  $S_j$ , ставшее возможным благодаря совпадению примет: «Тут один из присутствующих ( $S_i$ ) (подразумевается: присутствующих здесь —  $P^u_k$ ) посмотрел направо ( $P_l$ ) Flux Modus 1 Все (подразумевается: остальные ( $S_j$ ) присутствующие здесь —  $P^u_k$ ) посмотрели направо ( $P_l$ )».

Итак, модус 1 обнаруживает три варианта употребления, которые можно грубо характеризовать как «замена», «испускание» и «воздействие». В первом случае предмет левого события отдаёт своё наполнение и может даже стать пустым, в двух других — нет (то есть продолжает быть в реальности).

2. Изменение предмета и любой из примет от левого события к правому:

$$(ii) S_i \text{—} P^u_k, P_l \text{ Flux Modus 2 } (ii) S_j \text{—} P^u_l, P_n$$

– например, «Участившиеся случаи ( $S_i$ ) произрастания бузины ( $P^u_k$ ) в огороде ( $P_l$ ) якобы указывают на Flux Modus 2 возможность ( $S_j$ ) дядьки ( $P^u_l$ ) в Киеве ( $P_n$ )», или «Вулкан ( $S_i$ ) извергается ( $P_l$ ) на земле ( $P^u_k$ ) (обратите внимание: в естественном языке приметы, да и предмет могут стоять в тексте в любом порядке) Flux Modus 2 Пепел ( $S_j$ ) выбрасывается ( $P^u_l$ ) в стратосферу ( $P_n$ )» или «Климат ( $S_i$ ) умеренных широт ( $P_l$ ) становится более влажным ( $P^u_k$ ) Flux Modus 2 Ледники ( $S_j$ ) на поверхности Земли ( $P^u_l$ ) растут ( $P_n$ )». Эти три примера несут смыслы, аналогичные тем, что были обнаружены у модуса 1 («замена», «испускание» и «воздействие»), но связь между предметами при этом слабее, поскольку они не соподчинены общему универсуму.

3. Смена утверждения приметы на её отрицание (или наоборот):

$$(ii) S_i \text{—} P^u_k, P_l \text{ Flux Modus 3 } (ii) S_i \text{—} P^u_k, \sim^{S_i} P_l,$$

$$(ii) S_i \text{—} P^u_k, \sim^{S_i} P_l \text{ Flux Modus 3 } (ii) S_i \text{—} P^u_k, P_l$$

Эти отношения можно проиллюстрировать простым примером: «Человек ( $S_i$ ; по умолчанию — живой,  $P^u_k$ ) спит ( $P_l$ ) Flux Modus 3 «Человек (по умолчанию — живой,  $P^u_k$ ) проснулся, то есть не спит ( $\sim^{S_i} P_l$ )» и наоборот. Этот модус также отображает «саморазвивающиеся» процессы, но не приводящие к смене предмета, а выражающиеся лишь в смене одного события другим внутри одного предмета.

4. Изменение типа (положения) события с первичного внутреннего (ia) на вторичное (ii), с вторичного (ii) на третичное (iii), с первичного внутреннего (ia) на третичное (iii):

(ia)  $S_i \text{---} P_k^u, P_l \text{ Flux Modus 4}$  (ii)  $S_i \text{---} P_k^u, P_l$ ;

(ii)  $S_i \text{---} P_k^u, P_l \text{ Flux Modus 4}$  (iii)  $S_i \text{---} P_k^u, P_l$ ;

(ia)  $S_i \text{---} P_k^u, P_l \text{ Flux Modus 4}$  (iii)  $S_i \text{---} P_k^u, P_l$ .

Всякий пример данного модуса: «Снег ( $S_i$ ) (по умолчанию — над землёй,  $P_k^u$ ) идёт ( $P_l$ ) Flux Modus 4 Снег ( $S_i$ ) (по умолчанию — над землёй,  $P_k^u$ ) идёт ( $P_l$ )» — выражает важнейший частный случай меняющихся обстановок: неизменность. Подобная «замершая динамика» является фактом бытия и может быть причиной других событий.

Всякое первичное внутреннее событие само по себе может породить только одно вторичное или третичное по модусу 4. Любое вторичное событие в кусте может породить одно событие. Всякий модус можно применить неограниченно много раз (кроме случая, когда его применение влечёт третичное событие) и независимо от других союзов. Третичные события получаются только при применении союза течения.

### 1.5.2 Союз влияния

Союз влияния связывает три события, одно из которых (изменяемое событие  $E_i = S_i \text{---} P_1^u, \sim^{Sl} P_{Ej}$ ), подвергаясь влиянию другого (изменяющего события  $E_j = S_m \text{---} P_2^u$ , которое порождает примету  $P_{Ej}: E_j \rightarrow P_{Ej}$ ), влечёт третье,  $E_k$ , предмет которого  $S_i$  наследуется от изменяемого события  $E_i$ , а пересекающаяся примета  $P_{Ej}$  определяется изменяющим:

$$E_i \overset{Ej}{\text{Influx}} E_l,$$

ИЛИ

$$(S_i \text{---} P_1^u, \sim^{Sl} P_{Ej})^{Sm-P2u} \text{Influx } S_i \text{---} P_1^u, P_{Ej}.$$

Этот союз не имеет модусов и выражает одно из наиболее распространенных взаимодействий в нашей картине мира, когда состояние или ход вещей меняется под внешним воздействием. Предмет изменяемого события, обозначенный  $S_i$ , продолжает существовать, но приобретает новый признак, отсутствовавший ранее (и потому, можно сказать, более не существует в прежнем виде), а изменяющее событие, сообщая данный признак, может либо более уже ни на что не влиять (быть однократным), либо «продолжать» влиять на другие события. Союз влияния можно проиллюстрировать следующим примером: «Физик X ( $S_i$ ) ведёт исследования ( $P_1^u$ ), не будучи ознакомлен Эйнштейном с теорией относительности ( $\sim^{Sl} P_{Ej}$ ), Альберт Эйнштейн ( $S_m$ ) знакомит с теорией относительности ( $P_2^u$ ) Influx Физик X ( $S_i$ ) ведёт исследования ( $P_1^u$ ), будучи знакомым с теорией относительности благодаря Эйнштейну ( $P_{Ej}$ )», при этом устанавливается отношение порождения между событием «Альберт

Эйнштейн ( $S_m$ ) знакомит с теорией относительности ( $P_2''$ )» и приметой «быть знакомым с теорией относительности благодаря Эйнштейну ( $P_{ej}$ )»: «Альберт Эйнштейн ( $S_m$ ) знакомит с теорией относительности ( $P_2''$ ) → быть знакомым с теорией относительности благодаря Эйнштейну ( $P_{ej}$ )».

Союз влияния всегда сопровождается модусом 4 союза течения, порождающий третичное событие либо из внутреннего первичного, либо из вторичного,  $(ia/ii) S_i—P_k^u, \sim^{Si}P_{Ej}$  Flux Modus 4  $(iii) S_i—P_k^u, \sim^{Si}P_{Ej}$ . Это формально выражает то очевидное с точки зрения здравого смысла соображение, что влияние может оказываться лишь на такое событие, которое и без него существовало бы «само по себе», порождая собственный результат, описываемый третичным событием. Если на изменяемое событие  $E_i$  оказывают независимое влияние различные изменяющие события, они все по очереди соотносятся с одним и тем же союзом течения. При этом формулировка изменяемого события (типа  $(ia)$  или  $(ii)$ ) будет дополняться с каждым новым союзом влияния: «Физик X ( $S_i$ ) ведёт исследования ( $P_i''$ ), не будучи ознакомлен Эйнштейном с теорией относительности ( $\sim^{Si}P_{ej}$ ), не имея сведений об открытии нейтрино ( $\sim^{Sl}P_{el}$ ), не зная о синтезе очередного трансуранового элемента ( $\sim^{Sl}P_{ek}$ ), ...».

В то же время ясно, что течение по модусу 4 в данном случае может иметь место лишь тогда, когда не воздействует изменяющее событие и, следовательно, не «активируется» влияние, и наоборот, влияние может иметь место только тогда, когда не «работает» четвёртый модус течения. Либо в кусте событий реализуется сценарий с влиянием, либо — с течением по модусу 4, но один из них реализуется обязательно, а оба одновременно реализованы быть не могут.

Если изменяемое событие  $E_i$  может быть либо внутренним первичным, либо вторичным, то изменяющее — либо внешним первичным, либо также вторичным, а порождаемое событие всегда является вторичным:

$$\begin{aligned} &(ia) E_i^{(ib)Ej} \text{ Influx } (ii) E_k, \\ &(ia) E_i^{(ii)Ej} \text{ Influx } (ii) E_k, \\ &(ii) E_i^{(ib)Ej} \text{ Influx } (ii) E_k, \\ &(ii) E_i^{(ii)Ej} \text{ Influx } (ii) E_k. \end{aligned}$$

### 1.5.3 Союз разлива

Союз разлива порождает из одного события ( $E_i$ ) несколько событий ( $E_{i+1}, E_{i+2}, \dots, E_n; n > 1$ ), при этом все результирующие события  $E_i, E_{i+1}, E_{i+2}, \dots, E_n$  взаимно несовместимы и вместе исчерпывают весь класс возможных следствий, которые может иметь исходное событие ( $E_i$ ) само по себе. Под несовместимостью здесь понимается смысловая несовместимость — например, стол и стул не совместимы по смыслу (ни один стул не является

столом), но вполне могут соседствовать в пространстве и даже быть произведёнными в одном цеху.

В данном союзе мы выделяем три модуса. Для простоты изложения, ниже эти модусы будут рассмотрены для двух результирующих (правых) событий.

1. Предмет меняет свои признаки, которыми обладал в исходном событии. Соотнося с одним и тем же предметом несовместимые сочетания признаков, модус 1 выполняет разделение результирующих событий по признакам:

$$(ii) S_i - P_j^u, \sim^{S_i} P_k, \sim^{S_i} P_l \text{ Split Modus 1 } (ii) S_i - P_j^u, \sim^{S_i} P_k, P_l, (ii) S_i - P_j^u, P_k, \sim^{S_i} P_l.$$

Данное выражение формально описывает ситуацию, когда под влиянием сугубо внутренних факторов процесс «избирает» тот или иной сценарий, например: «Лава ( $S_i$ ), выдавливаясь на поверхность ( $P_j^u$ ), еще не нагромождается ( $\sim^{S_i} P_k$ ) и не обваливается ( $\sim^{S_i} P_l$ ) Split Modus 1 Лава ( $S_i$ ), выдавливаясь на поверхность ( $P_j^u$ ), не нагромождается ( $\sim^{S_i} P_k$ ), но обваливается ( $P_l$ ); Лава ( $S_i$ ), выдавливаясь на поверхность ( $P_j^u$ ), нагромождается ( $P_k$ ), но не обваливается ( $\sim^{S_i} P_l$ )». При этом важно, что данный пример справедлив, если в качестве предмета рассматривать отдельные порции извергаемой лавы, поскольку весь объем лавы, произведенной вулканом в ходе одного извержения, может одновременно и нагромождаться, и обваливаться, и, вероятно, производить иные эффекты – и это найдет совсем иное выражение в кусте событий.

2. Слева и справа стоят предмет-события (события, все приметы которых — универсумы) с одинаковым набором примет, и наполнение из предмет-события слева переходит в предмет-события справа:

$$(ii) S_i P_l^u \text{ Split Modus 2 } (ii) S_j P_l^u, (ii) S_k P_l^u.$$

Подобно первому модусу союза течения, здесь меняется предмет события, но, в отличие от течения, при разливе предусматривается выбор минимум из двух альтернатив. Например, «Армия Наполеона ( $S_i$ ) бредёт на запад под ударами партизан ( $P_l$ ) Split Modus 2 Корпус Удино ( $S_j$ ) бредёт на запад под ударами партизан ( $P_l$ ); Корпус Виктора ( $S_k$ ) бредёт на запад под ударами партизан ( $P_l$ ), ... (то же самое — обо всех остальных корпусах)». Данный модус, указывая на принадлежность всех предметов событий (в данном случае – армии и её корпусов) к общему универсуму «брести на запад под ударами партизан», тем не менее, не является ни классификацией, ни иерархией предметов. Это так, потому что в теории совокупностей неверно утверждение, что предмет «корпус Удино» является частью предмета «армия Наполеона»: по смыслу армия и корпус не могут быть одним и тем же, они — несовместимы.

В обоих модусах союза разлива участвуют только вторичные события. Используя их, важно продумать, какой именно смысл мы хотим передать: «замену», «испускание» и «воздействие». Так, в приведённом примере можно увидеть как «испускание»: раз вся армия отступает, то и её

корпуса дисциплинированно делают то же, так и «замену»: отступая, армия распадается на корпуса и перестаёт существовать. Как видно, в данном случае смыслы «испускания» и «замены» противоположны.

Поскольку по определению союза разлива все результирующие события взаимно несовместимы и вместе исчерпывают весь класс возможных следствий, которые может иметь исходное событие само по себе, это означает, что исходное событие не может само по себе иметь никаких других следствий – в частности, в результате течения. Следовательно, в одном кусте событий одно и то же событие не может быть включено в союз течения и в союз разлива (независимо от модусов того и другого), может иметь место лишь какой-то один (или ни один) из данных союзов.

3. Изменение общности события:

- (ia) любой  $S_i—P_k^u$ ,  $P_l$  Split Modus 3 (ii) некоторые  $S_i—P_k^u$ , первые  $^u$ ,  $P_l$ , (ii) некоторые  $S_i—P_k^u$ , вторые  $^u$ ,  $P_l$ ;  
 (ii) любой  $S_i—P_k^u$ ,  $P_l$  Split Modus 3 (ii) некоторые  $S_i—P_k^u$ , первые  $^u$ ,  $P_l$ , (ii) некоторые  $S_i—P_k^u$ , вторые  $^u$ ,  $P_l$ .

В отличие от всех вышеприведённых, данный модус фактически апеллирует не к смыслу, а к наполнению совокупностей, причём к определённым его видам – атомарному или волновому [4]. Он является отдалённым аналогом введения квантора существования в логике предикатов. В методе куста событий он оказывается необходим, чтобы выразить ситуации наподобие следующей: студенты после занятий покидают университет маленькими группками. Возможно, уже через несколько минут они будут знать, кто куда пойдёт – кто в кино, кто в бар, кто в гости к одному из них – и у каждой группки появится свой собственный смысл, но сейчас они только выходят из дверей, и, допустим, сами не определились с планами. Различить их качественно невозможно. Это та ситуация, когда единственным возможным смыслом является количественный, ибо число также является смыслом. Таким образом, возникающие события будут иметь смыслы-номера: студенты этой группы — первые, студенты этой группы — вторые и так далее, причём этот номер будет универсумом для соответствующего события.

#### 1.5.4 Союз слияния

Слияние описывает порождение одного события ( $E_n$ ) несколькими событиями ( $E_i, E_{i+1}, E_{i+2}, \dots, E_{n-1}$ ). У данного союза выделяются два модуса.

1. У исходных событий  $E_i, E_{i+1}, E_{i+2}, \dots, E_{n-1}$  есть, по крайней мере, один общий универсум ( $P_k^u$ ), и предмет результирующего события  $E_n$  выражает отношение между предметами действительности, которые являются совокупностями, выражаемыми понятиями из левого списка — например, «пространственное/временное сочетание», «родство»,

«удалённость». Формально это выражается как пересечение предмета события, стоящего справа от союза слияния, с приметамы, порождёнными левыми событиями, при общем для всех событий универсуме. Для двух исходных событий это может быть показано следующим образом:

$$(ii) E_i, (ii) E_j \text{ Conflux Modus 1 } (ii) E_l,$$

$$(ii) E_i = (ii) S_m - P_k^u, (ii) E_j = (ii) S_n - P_k^u, (ii) E_l = (ii) S_r - P_k^u, P_{E_i}, P_{E_j}; (ii) E_i \rightarrow P_{E_i},$$

$$(ii) E_j \rightarrow P_{E_j},$$

$$(ii) S_m - P_k^u, (ii) S_n - P_k^u \text{ Conflux Modus 1 } (ii) S_r - P_k^u, P_{E_i}, P_{E_j}$$

– например, «Дееспособные недовольные ( $S_m$ ) в государстве X ( $P_k^u$ ), Финансовые возможности ( $S_m$ ) в государстве X ( $P_k^u$ ) Conflux Modus 1 Сочетание ( $S_r$ ) деятельных недовольных ( $P_{E_i}$ ) и финансовых возможностей ( $P_{E_j}$ ) в государстве X ( $P_k^u$ )». Этот модус описывает ситуацию, когда несколько событий, совпадая тем или иным признаком, свойством или обстоятельством проявления (например, совпадая во времени, пространстве, по составу или как-либо еще) производят новый объект, и этот объект определяется именно совпадением свойств или обстоятельств своих множественных причин. Отношение, по нашему мнению, также является объектом: производить изделия — производить впечатление на кого-то, измерять рост — измерять расстояние между чем-то и чем-то, подтвердить землетрясение — подтвердить обстрел кого-то кем-то или родство кого-то и кого-то.

2. Модус, обратный третьему модусу союза разлива:

$$(ii) \text{ некоторые } S_i - P_k^u, \text{ первые } ^u, P_l, (ii) \text{ некоторые } S_i - P_k^u, \text{ вторые } ^u, P_l$$

$$\text{Conflux Modus 2 } (ii) \text{ любой } S_i - P_k^u, P_l.$$

Интерпретировать его несложно, представив, как, например, на плацдарме происходит сосредоточение войск одного и того же рода или как на съезде собираются делегаты – при условии, что все они плохо представляют, куда попали.

Все события в союзе течения являются вторичными.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой формализм является основой метода куста событий?
2. В чём разница между событием и совокупностью?
3. Какова архитектура куста событий?
4. Зачем нужны модусы союзов куста событий?

## 2. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КУСТА СОБЫТИЙ

Для демонстрации метода куста событий необходимо выбрать область знаний и предметную область, а также конкретную обстановку и источник — в целях демонстрации можно вообразимый — знаний о ней.

Одной из основных областей применения данной методологии является историческое знание. Ниже она будет испытана на предметной области, относящейся к новейшей истории.

Богатым на события и противоречивым эпизодом Второй Мировой войны было контрнаступление гитлеровских войск в Арденнах зимой 1944-45 гг. Эти события были с документальной точностью и художественной яркостью описаны в романе «Бойня номер пять, или крестовый поход детей», автор которого, Курт Воннегут, в 1944 г участвовал в этих событиях в качестве рядового американской армии и попал к немцам в плен. На материале упомянутого романа построен пример воображаемого интервью с американским ветераном войны, участником сражения в Арденнах.

«Противник жестоко обстреливал нас, много ребят было ранено или убито. Но гораздо хуже пришлось тем из нас, кто встретился с немцами лицом к лицу и был взят в плен. Гражданские любой национальности, если попадали к ним, сразу отправлялись в концлагерь, где становились объектом военных преступлений. С военнопленными поначалу обходились вроде по-человечески, но это не должно никого вводить в заблуждение. Они тоже отправлялись в концлагерь. А всякий, кто попал в концлагерь, рано или поздно становился жертвой нацистских преступлений».

В практике мышления и анализа текста или речи количественный и качественный аспекты коммуницируемых смыслов чаще всего не разделяются, поскольку, как правило, наше мышление оперирует только наполненными или наполняемыми (опустошаемыми) смыслами, то есть совокупностями, но и среди них словесно или как-либо иначе выражаются и, следовательно, коммуницируются далеко не все. Это неизбежно искажает картину, которую моделирует инженер по знаниям средствами языков представления знаний. Метод куста событий в некоторых случаях поможет преодолеть это серьёзное затруднение.

Интервью воображаемого эксперта, приведённое выше, явно описывает динамическую обстановку. В случае динамической обстановки бывает удобно сразу приступать к построению графического конструкта, отражающего эту динамику, чтобы в процессе его построения увидеть, что является количественным, а что — качественным аспектом. Для этого будет использован метод куста событий. Процесс поэтапного построения куста событий из экспертного знания был впервые продемонстрирован Д.И. Муромцевым с соавторами [12], а пример, приводимый ниже, взят из

работы К.А. Пшеничного [9]. Процесс построения куста событий будет представлен на рис. 8-15.

Ниже будет представлен конспект «мыслей вслух» при построении куста событий.

Первое, что мы должны сделать – решить, зачем нам нужен куст событий и, следовательно, о чём он будет. Допустим, нас интересует судьба тех, кто попал в заключение к гитлеровцам. Тогда название куста событий мы формулируем, например, так (основываясь на словах эксперта): «Что происходит с людьми, когда они попадают в плен к гитлеровцам». Тогда слева мы расположим первичные события, описывающие людей-потенциальных жертв (это будут первичные внутренние события), а сверху – события, описывающие действия гитлеровцев (первичные внешние).

Начинаем формулировать события.

«Противник» = «немцы/гитлеровцы/нацисты» вполне мог бы быть первым предметом, выделенным в речи эксперта (американского ветерана). В таком случае все последующие события были бы получены из этого предмета: «немцы обстреливали», «немцы брали в плен», «немцы обращались по-человечески», «немцы совершали военные преступления». Это было бы удобно, если бы речь шла о немцах. В то же время, воображаемый ветеран повествует о себе и о своих братьях по оружию — тех, кто воевал против немцев. В таком случае уместно взять в качестве предмета тех, кого он называет «ребятами»:

«... много ребят» = «многие наши ребята», с качественной точки зрения — «наши ребята» –  $S_1$ . Очевидно, «наши ребята» — это и есть потенциальные жертвы. «Наши ребята» — это военнослужащие западных армий антигитлеровской коалиции.

Таким образом, получен предмет для первого события в будущем кусте событий. Мы можем трансформировать его в неполное событие, записав:  $S_1$ —.... Забегая вперёд, скажем, что со временем на месте многоточия должны появиться минимум одна примета-универсум и одна пересекающаяся примета, возможно, с отрицанием. Сейчас мы ещё не можем сказать, что это за приметы, но мы отдаём себе отчёт в том, что они там должны быть. Кроме того, мы знаем, что ничто иное на месте многоточия появиться не может.

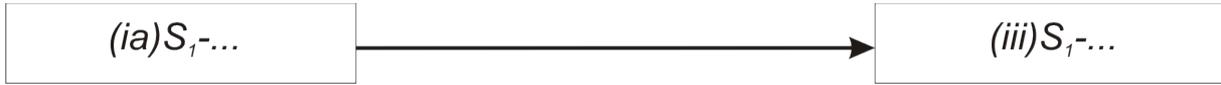


Рис. 8. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Первый шаг

Нарисовав это событие с левого края, мы немедленно проводим стрелку, соответствующую союзу течения, и порождаем третичное событие с той же формулировкой:  $(ia) S_1-... Flux (iii) S_1-...$  (рис. 8).

Поскольку в качестве предмета выбраны «наши ребята», то, значит, первую фразу эксперта следует понимать как «наши ребята обстреливались гитлеровцами». «Обстреливались гитлеровцами (точнее, огневыми средствами гитлеровцев — артиллерией и стрелковым оружием), были (ими же, точнее, ею же) ранены или убиты (то есть были подвержены воздействию немецких огневых средств)» — это примета, образованная (опуская для простоты промежуточные шаги) предметом «огневые средства гитлеровцев». Следовательно, первая неполная формула дополняется (но, скорее всего, остаётся неполной, потому что, пока куст не готов, только формулы его первичных внешних событий вводятся в окончательном виде — хотя и они могут редактироваться и даже удаляться в процессе построения куста). К этой неполной формуле добавляется вторая:  $(S_2-P_a^u) \rightarrow P_{S_2-P_a^u}$ , где  $S_2$  — это предмет «огневые средства гитлеровцев»,  $P_a^u$  — это примета «обстреливать с последствиями», которая в данном кусте событий является универсумом для предмета «огневые средства гитлеровцев», соответственно,  $S_2-P_a^u$  — это событие «огневые средства гитлеровцев обстреливают с последствиями», а  $P_{S_2-P_a^u}$  — это порождённая им примета «обстреливаться с последствиями огневыми средствами гитлеровцев». Стрелка означает операцию порождения приметы событием-«отцом». Эта формула — полная, так как содержит минимально необходимый набор обозначенных смыслов (предмет и примета-универсум) и занимает место первичного внешнего события  $(ib)$ . Тогда неполная формула, соответствующая фразе «наши ребята обстреливались нацистской артиллерией», уже приобретает вид  $S_1-..., P_{S_2-P_a^u}$  и занимает место вторичного события:  $(ii) S_1-..., P_{S_2-P_a^u}$ , которое автоматически подразумевает (по крайней мере, как гипотезу) и соответствующее третичное:  $(iii) S_1-..., P_{S_2-P_a^u}$  — а графический конструктор дополняется союзом влияния, описывающим появление приметы  $P_{S_2-P_a^u}$ , и таким образом начинает быть кустом событий (рис. 9).

Теперь мы можем дополнить первичное внутреннее событие  $(ia) S_1-...$ , приписав к нему отрицание:  $(ia) S_1-..., \sim^{Sl} P_{S_2-P_a^u}$ . В самом деле, по определению союза влияния мы можем утверждать:  $(ia) (S_1-..., \sim^{Sl} P_{S_2-P_a^u})^{(ib) S_2-P_a^u} Influx (ii) S_1-..., P_{S_2-P_a^u}$ . Но тогда по определению союза течения мы

должны так же дополнить и соответствующее третичное событие:  $(ia) S_1-...$ ,  $\sim^{S1}P_{S_2-P^u_a} Flux$   $(iii) S_1-...$ ,  $\sim^{S1}P_{S_2-P^u_a}$ . Подобное поэтапное формулирование событий в процессе построения куста является чрезвычайно полезным его свойством, позволяющим нам самим уточнять свои знания о моделируемой обстановке, лучше понимать то, что мы сами имеем в виду.

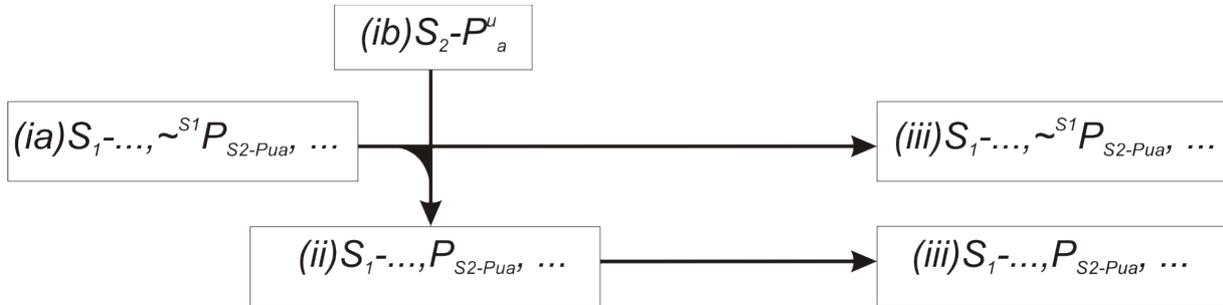


Рис. 9. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Второй шаг

Дальнейшее осмысление монолога будет развиваться следующим образом.

«...встретились с немцами лицом к лицу» — это, очевидно, выражение влияния немцев на «наших ребят». Эта ситуация формально очень похожа на только что встреченную нами: «Противник жестоко обстреливал нас». Значит, мы снова должны ввести первичное внешнее событие, и надо попытаться сформулировать его более-менее так же, как и предыдущее: «артиллерия гитлеровцев обстреливает с последствиями», только теперь речь будет идти о живой силе гитлеровцев, которая — как мы знаем из следующей реплики ветерана — брала «наших ребят» в плен.

Попробуем так и сказать:  $(ib)$  «Живая сила гитлеровцев ( $S_3$ ) берёт в плен ( $P^u_b$ )». Будем считать, что она это делала повсеместно, где был наш ветеран, и потому «брать в плен» является для неё универсумом в рассматриваемом контексте. Тогда это событие будет порождать нужную нам приметку:  $(ib)(S_3-P^u_b) \rightarrow P_{S_3-P^u_b}$ , где  $P_{S_3-P^u_b}$  — «быть пленённым живой силой гитлеровцев». «Встретиться с немцами лицом к лицу» — деталь, которая возбудила нашу рефлексию — в конечном счёте оказывается лишней информацией. Действительно, крайне затруднительно представить ситуацию пленения противника без контакта с ним, при этом даже если контакт был не лицом к лицу (а, например, по рации) — так ли это важно для всего повествования эксперта? Ведь он говорит о страданиях в плену!

Теперь ничто не мешает нам продолжить рисовать куст событий, но... обратим внимание на то, что, по словам эксперта, американцы в его поле зрения были *либо* обстреляны (и, видимо, ретировались), *либо* взяты в плен (не успели испугаться). Это значит, что новый союз влияния  $((ia) S_1-...$ ,  $\sim^{S1}P_{S_2-P^u_a}$ ,  $\sim^{S1}P_{S_3-P^u_b})^{(ib)(S_3-P^u_b)}$  *Influx*  $(ii) S_1-...$ ,  $\sim^{S1}P_{S_2-P^u_a}$ ,  $P_{S_3-P^u_b}$  будет только

один, и «насажен» он будет на тот же союз течения  $(ia) S_1-..., \sim P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1}P_{S_3-P^u_b}$  Flux  $(iii) S_1-..., \sim^{S^1}P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1}P_{S_3-P^u_b}$ . (рис. 10). Таким образом, мы продолжаем доопределять и первичное внутреннее событие (было  $(ia) S_1-..., \sim^{S^1}P_{S_2-P^u_a}$ , стало  $(ia) S_1-..., \sim^{S^1}P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1}P_{S_3-P^u_b}$ ), и образованное им третичное (было  $(iii) S_1-..., \sim^{S^1}P_{S_2-P^u_a}$ , стало  $(iii) S_1-..., \sim^{S^1}P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1}P_{S_3-P^u_b}$ ), и образованное ранее вторичное событие: было  $(ii) S_1-..., P_{S_2-P^u_a}$ , стало  $(ii) S_1-..., P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1}P_{S_3-P^u_b}$  — и образованное уже этим вторичным событием новое третичное (было  $(iii) S_1-..., P_{S_2-P^u_a}$ , стало  $(iii) S_1-..., P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1}P_{S_3-P^u_b}$ ).

Вместе с тем, мы не спешим образовывать третичное событие от вновь образованного  $(ii) S_1-..., \sim^{S^1}P_{S_2-P^u_a}, P_{S_3-P^u_b}$  («Наши ребята взяты в плен»), хотя формально можем это сделать. Мы не образуем его потому, что в монологе эксперта пленение — это явно не конец истории, и поэтому нет смысла фиксировать этот факт как конец какого-либо сценария. Поэтому на рис. 10 вновь образованное вторичное событие «висит», не ведя ни к чему. Поскольку это ещё не законченный куст событий, подобное допустимо.

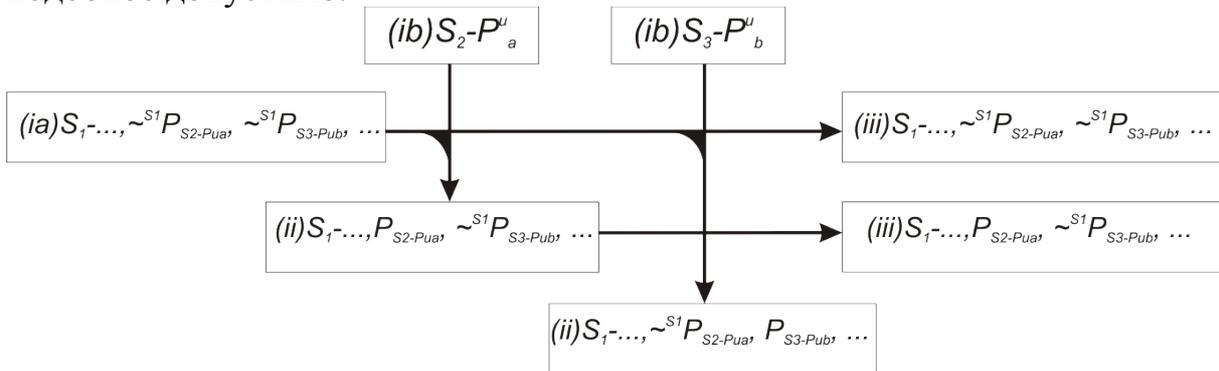


Рис. 10. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Третий шаг

Переходя к следующему фрагменту монолога, повествующему о гражданских, попавших к немцам — как и в случае с «нашими ребятами», необходимо ввести новый предмет «гражданские люди» ( $S_4$ ) и первичное внутреннее событие с ним:  $(ia) S_4-...,$  — и точно так же сразу же построить союз течения и третичное событие с той же формулировкой (рис. 11). Затем необходимо соотнести с этим новым первичным внутренним событием примету  $P_{S_3-P^u_b}$  посредством союза влияния:  $((ia) S_4-..., \sim^{S^4}P_{S_3-P^u_b})$   $(ib)/(S_3-Pub)$  Influx  $(ii) S_4-..., P_{S_3-P^u_b}$  — и тем самым перевести на язык куста событий всю фразу «Гражданские любой национальности, если попадали к ним (к гитлеровцам)», при этом «любой национальности» опускается как несущественная деталь:  $S_4-..., P_{S_3-P^u_b}$  (рис. 12).

Как и в случае с пленниками-военными, полученное вторичное событие  $(ii) S_4-..., P_{S_3-P^u_b}$  мы пока «оставляем в покое», не образуя от него ни третичного, ни другого вторичного события (рис. 12).

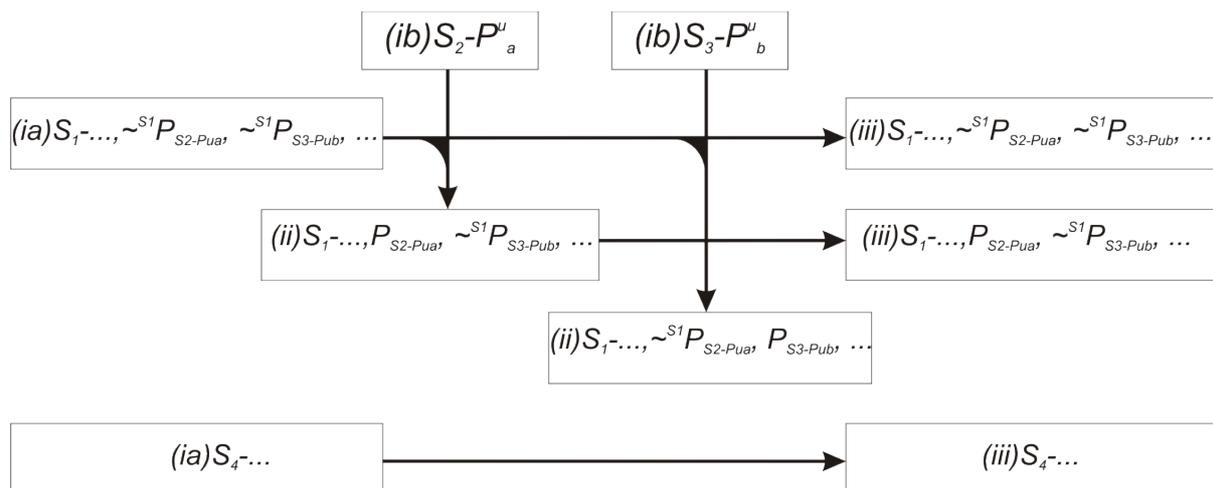


Рис. 11. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Четвёртый шаг

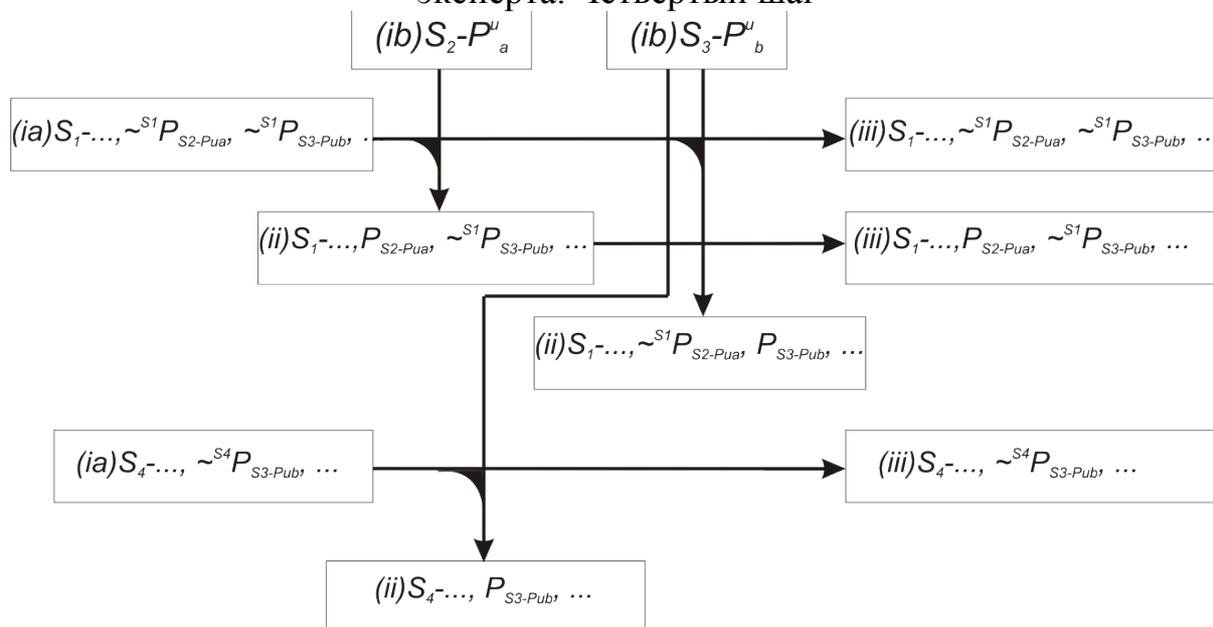


Рис. 12. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Пятый шаг

На следующем шаге («Гражданские любой национальности, если попадали к ним (к гитлеровцам), сразу отправлялись в концлагерь») можно рассмотреть смысл «отправляться в концлагерь» как примету и ввести предмет «концлагерь», а можно просто ввести предмет-событие «узник концлагерь». Из соображений простоты и наглядности был выбран второй вариант:  $S_5$  — «узник концлагерь». Его универсумом, очевидно, является  $P_{S_3-P_b}^u$  — «попадать к гитлеровцам». Тогда вся рассматриваемая фраза будет иметь вид следующей неполной формулы:  $S_5-P_{S_3-P_b}^u, \dots$  — и занимать то место в графическом конструкте, которое показано на рис. 13.

Введя предмет  $S_5$ , военнопленных остаётся лишь рассматривать как узников концлагеря — военных, а фразу «с военнопленными поначалу

обходились вроде по-человечески» представить в виде такой неполной формулы:  $S_5-\dots, \sim^{S_5}P_5$ , где  $P_5$  — страдать телесно (рис. 14). Тот факт, что все узники рано или поздно становятся объектом военного преступления, выражается, как показано на рис. 15; здесь же мы просто отметим, что не все узники подвергались пыткам с самого начала своего срока.

Формулировки смыслов, требуемых по правилам теории совокупностей, но отсутствующих в вышеприведённых рассуждениях (предметов или примет — в частности,  $P^{u_1}$  — быть на фронте;  $P^{u_2}$  — быть в оккупации), можно получить, задавая вопросы эксперту или исследуя альтернативные источники, что является частью работы по инженерии знаний.

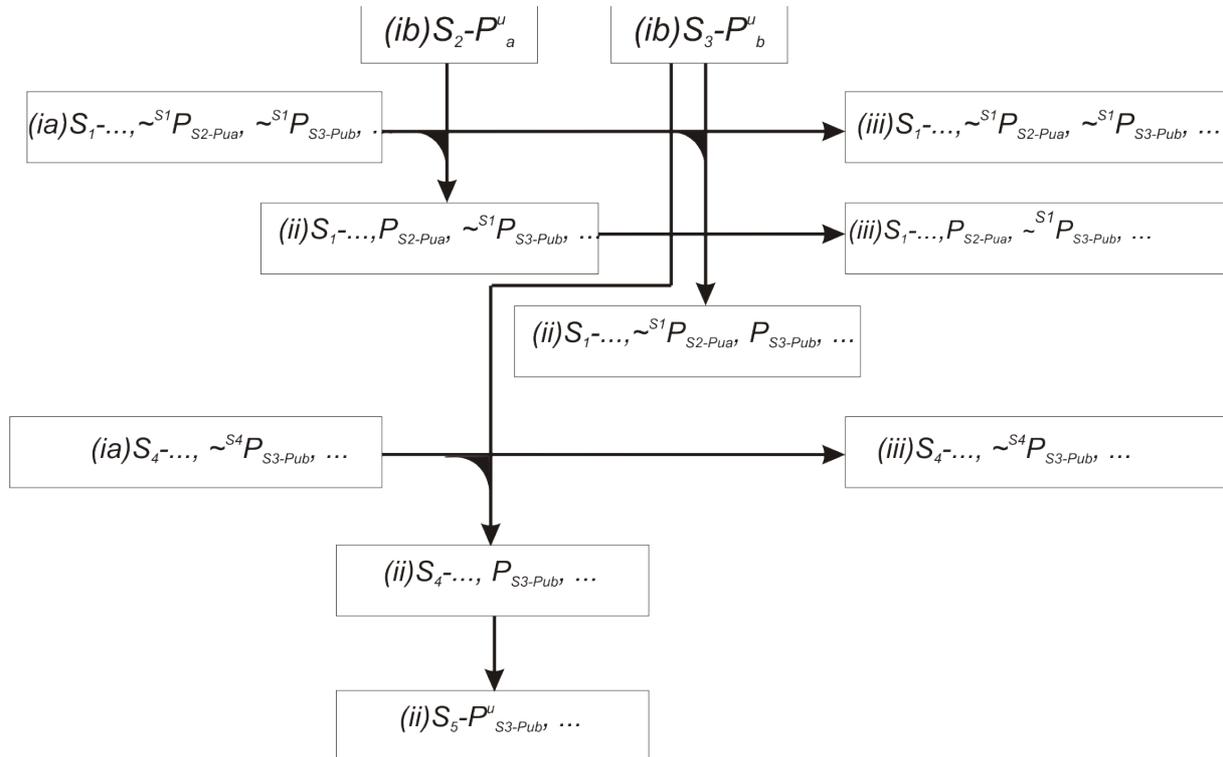


Рис. 13. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Шестой шаг.

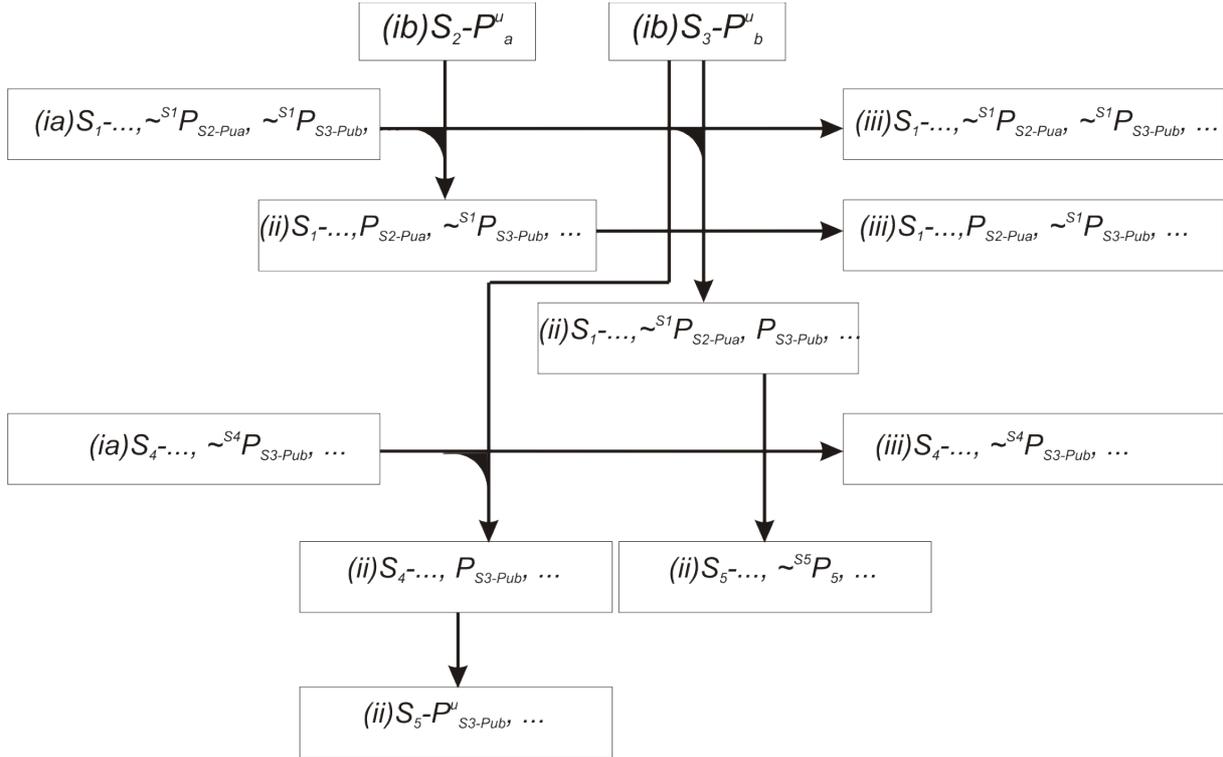


Рис. 14. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Седьмой шаг.

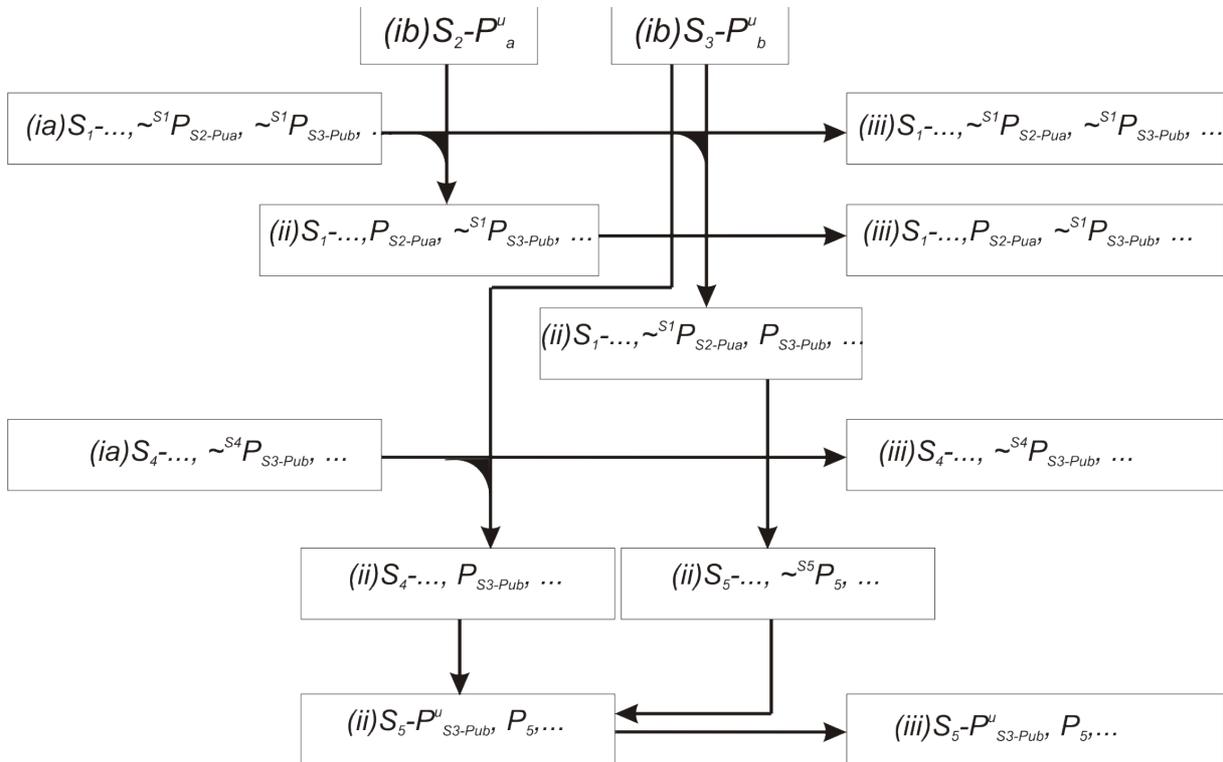


Рис. 15. Построение куста событий как результат осмысления монолога эксперта. Восьмой шаг.

Выписав все формулы, полученные в результате осмысления речи эксперта (как полные, так и неполные) и опустив тип события (*ia-iii*), мы получаем список формул, называемый в теории совокупностей сырой секвенцией [9]:

$$(S_2-P^u_a) \rightarrow P_{S_2-P^u_a}, (S_3-P^u_b) \rightarrow P_{S_3-P^u_b}, S_1 \dots, \sim^{S^1} P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1} P_{S_3-P^u_b}, S_1 \dots, P_{S_2-P^u_a}, \sim^{S^1} P_{S_3-P^u_b}, S_1 \dots, \sim^{S^1} P_{S_2-P^u_a}, P_{S_3-P^u_b}, S_4 \dots, P_{S_3-P^u_b}, S_4 \dots, \sim^{S^4} P_{S_3-P^u_b}, S_5-P^u_{S_3-P^u_b}, \dots$$

Её необходимо превратить в зрелую секвенцию, устранив все многоточия и добавив недостающие формулы. Если сырая секвенция велика, потребуется процедура *новорооссийского вывода* [9]. В нашем случае достаточно просто вспомнить все шаги по доопределению формул, сделанные нами в процессе построения куста, чтобы восполнить все пробелы и получить зрелую секвенцию, часть которой (без формул, описывающих порождение примет) и составляют определения событий для куста событий. Теперь ничто не мешает нам построить куст событий с полными определениями всех событий, а заодно и пронумеровать их с указанием типа (*ia, ib, ii, iii*), как показано на рис. 16.

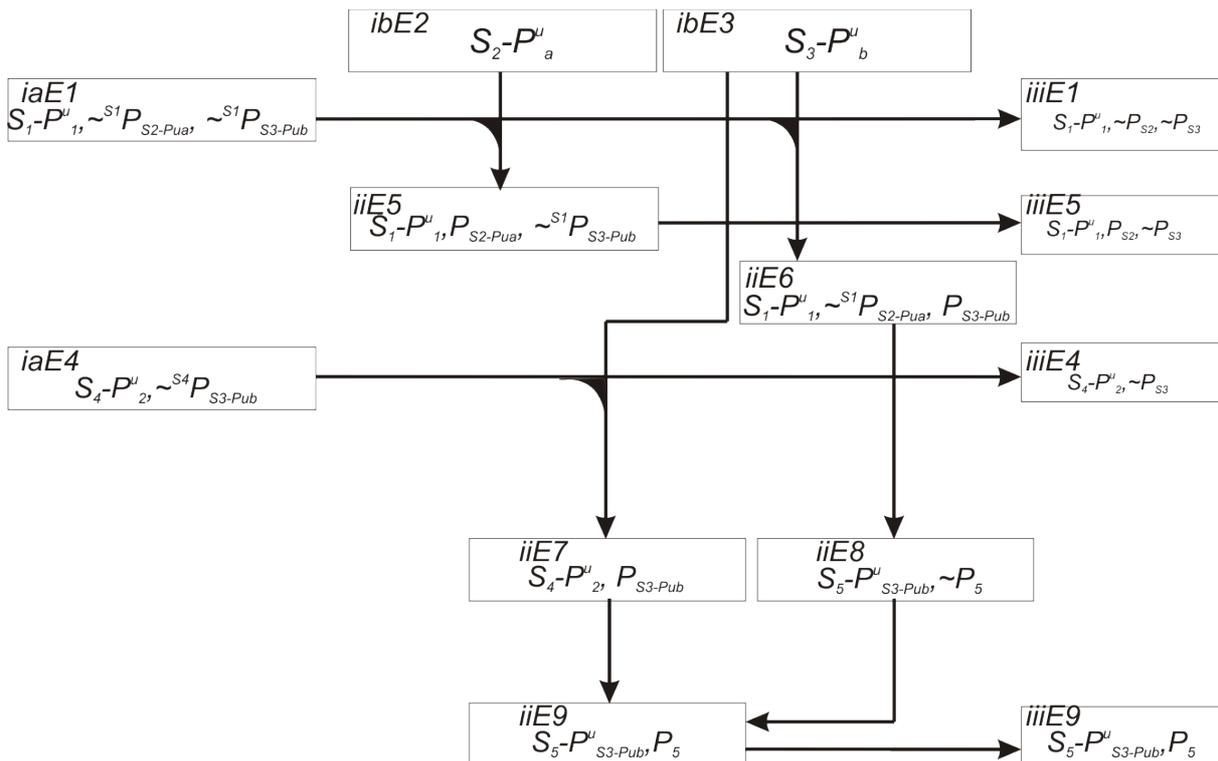


Рис. 16. Куст событий в окончательном виде, соответствующем предметке

Когда все смыслы доопределены и секвенция созрела, представляется возможным перечислить их все и дать их окончательные формулировки. Интересно, что эта возможность открывается именно «задним числом», в отличие от обычной практики вычислений и моделирования. Смыслы в секвенции таковы:

- $S_1$  – военнослужащие армий стран антигитлеровской коалиции;
- $S_2$  – огневые средства гитлеровцев;
- $S_3$  – военнослужащие-гитлеровцы;
- $S_4$  – гражданские лица захваченных гитлеровцами территорий;
- $S_5$  – узники концентрационных лагерей гитлеровцев;
- $S_6$  – фронт;
- $S_7$  – огонь;
- $S_8$  – плен у гитлеровцев;
- $S_9$  – оккупация гитлеровцами;
- $S_{10}$  – военное преступление гитлеровцев;
- $P^u_1$  – оказаться на фронте;
- $P^u_2$  – оказаться в оккупации гитлеровцев;
- $P^u_3$  – вести огонь;
- $P^u_4$  – сдаваться в плен гитлеровцам;
- $P_5$  – быть жертвой военного преступления гитлеровцев;
- $P_{S_2}$  – быть поражённым огневым средством гитлеровцев;
- $P_{S_3}$  – быть пленённым гитлеровцами.

Наполнение предметов из этого списка различно.  $S_1, S_3, S_4, S_5$  имеют атомарное наполнение, а  $S_2, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}$  – целостное. Представляется важным, что,  $S_2$  и  $S_{10}$  также имеют целостное наполнение, потому что мыслятся как одно целое, без спецификации.

Предмет  $S_1$  (военнослужащие армий стран антигитлеровской коалиции) содержит неразличимые атомы (атом — военнослужащий) как потенциально неисчислимую массу. Аналогично мыслятся и предметы  $S_3, S_4, S_5$ . При этом, чтобы отследить, например, судьбу конкретного солдата (например, Билли Пилигрима из «Бойни номер пять...» или его прототипа — Курта Воннегута) из армии США, который попал в плен, необходимо ввести предмет «Билли Пилигрим» (или «Курт Воннегут») с целостным наполнением, образовать от предмета  $S_1$  примету «призван в армию страны антигитлеровской коалиции» и образовать пересечение этих двух смыслов. Таким же образом следует породить примету «узничать в гитлеровском концлагере» от предмета  $S_5$  и пересечь её с пересечением первых двух, и так далее, вплоть до полного проявления в детализированном кусте событий значимых черт биографии Билли Пилигрима.

Глядя на куст событий в его нынешнем виде, нетрудно проследить разные сценарии, равно как и убедиться, что он описывает далеко не все сценарии, которые приходят на ум. Так, здесь отсутствуют сценарии, что солдаты союзных армий были обстреляны, но только напуганы (то есть последствия были, но не ранения и не гибель), или попали в плен после обстрела (и особенно — ранеными в результате обстрела), или попали в плен ранеными в результате рукопашной. Кроме того, данный куст не отвечает на вопрос, что стало с жертвами в конечно счёте: умерли ли они в

плону, были ли освобождены, бежали ли или согласились сотрудничать с гитлеровцами. Чтобы учесть все эти сценарии, нужен гораздо больший куст событий, но анализировать его обучающимся будет непросто.

Говоря о тех сценариях, которые нашли отражение в существующем кусте, можно выделить как простые, состоящие из одного союза течения: *(ia) E<sub>1</sub> Flux (iii) E<sub>1</sub>*, *(ia) E<sub>4</sub> Flux (iii) E<sub>4</sub>*, так и более сложные, ведущие к событию *(ii) E<sub>9</sub>* и заканчивающиеся событием *iii E<sub>9</sub>*. Эти два последних сценария, сливаясь в событии *(ii) E<sub>9</sub>*, вместе несут следующую мысль: неважно, кем был человек раньше – военным или гражданским, если уж он попал в концлагерь, отныне он – просто узник.

Первые два сценария, несмотря на кажущуюся тривиальность, содержат не менее ценное знание: военнослужащие (в случае события *E<sub>1</sub>*) или мирные люди (в случае *E<sub>4</sub>*) были на войне, были на фронте (это касается военнослужащих), но счастливо избежали и обстрелов, и плена. Заметим, что это утверждения, на первый взгляд, противоречащие словам опрошенного эксперта, но на самом деле – дополняющие их! Просто они в повествовании ветерана не наполнены бытием, остаются сугубо качественными и поэтому, скорее всего, скрыты от его собственного внутреннего взора. Но при должном усердии мы могли бы найти свидетельства людей, бывших там же и тогда же и в том же качестве (может быть, даже однополчан нашего гипотетического ветерана), которые говорили бы прямо противоположное. И без инструмента, подобного кусту событий, мы имели бы очень мало шансов разобраться в ситуации. При этом метод куста событий позволяет нам реконструировать сценарии, основываясь только на одном – и заведомо неполном – источнике. В этом польза кустов событий не только для представления знаний в виде формализованных продуктов, но и для самих экспертов: куст событий показывает нам, что мы знаем намного больше, чем кажется нам самим.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С чего начинается построение куста событий?
2. Что нужно сделать в кусте событий сразу же, введя первичное внутреннее событие?
3. Как происходит доопределение событий в процессе построения куста?
4. Почему куст событий сообщает больше, чем эксперт, из знаний которого он построен?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sowa J. F. Ontology, metadata, and semiotics // International conference on conceptual structures, Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. pp. 55-81.
2. Marzocchi W., Sandri L., Selva J. BET\_EF: A probabilistic tool for long- and short-term eruption forecasting // Bulletin of Volcanology, 2008, Vol. 70, No. 5, pp. 623–632.
3. Pearl J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1988.
4. Petri, C A. Concepts of Net Theory. Mathematical Foundations of Computer Science // Proc. of Symposium and Summer School, High Tatras, Math. Inst. of the Slovak Acad. of Sciences, 1973, pp. 137–146.
5. Pshenichny C. Theory of multitudes as an alternative to the set theory // Representation of Dynamic Knowledge in Scientific Domains, 2018, pp. 1–31.
6. Pshenichny C.A. et al. The event bush as a semantic-based numerical approach to natural hazard assessment (exemplified by volcanology) // Computers and Geosciences, 2009, Vol. 35, No 5, pp. 1017–1034.
7. Pshenichny C.A., Kanzheleva O.M. Theoretical foundations of the event bush method // Societal Challenges and Geoinformatics, 2011, Vol. 482, pp. 139–164.
8. Pshenichny C., Mouromtsev D. Grammar of dynamic knowledge for collaborative knowledge engineering and representation // Collaborative Knowledge in Scientific Research Networks, 2015, pp. 326–353.
9. Pshenichny C. Qualitative and quantitative formalisms for knowledge representation in the theory of multitudes // Representation of Dynamic Knowledge in Scientific Domains, 2018, pp. 32–75.
10. Пшеничный К. А., Бенке Б., и др. Реконструкция полной группы эруптивных сценариев вулкана Этна по данным визуальных наблюдений- Геориск-2009, М., 2009, Т. 2.
11. Wolter U., Korableva O., Solovyov N. The event bush method in the light of typed graphs illustrated by common sense reasoning // Dynamic Knowledge Representation in Scientific Domains, IGI Global, 2017, pp. 320–353.
12. Mouromtsev D., Pshenichny C., Yakovlev A. Semantic and structural delineation of market scenarios by the event bush method // Decision Support Systems and Electronic Commerce, 2014, Vol. 57, No 1, pp. 34–41.

**Пшеничный Кирилл Анатольевич**

**Спивак Антон Игоревич**

**МЕТОД КУСТА СОБЫТИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**

**Учебно-методическое пособие**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 100

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., 49