

Визуально-когнитивные системы для моделирования слабо структурированных предметных областей

Механцева Т.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

г. Москва, Россия

Email: tamara.mekhantseva@gmail.com

Аннотация—Работа посвящена представлению знаний о слабо структурированных предметных областях средствами визуально-когнитивных систем, для построения которых предлагается использовать технику репертуарных решёток. Описывается проект визуально-когнитивной системы онтологии балета.

Ключевые слова—репертуарная решётка, конструкт, онтология, визуально-когнитивная система

I. Введение

В ситуации постоянного накопления знаний о различных областях реального мира остро ощущается необходимость выработки интуитивно понятных и эргономичных способов представления знаний. Одновременно возрастает значение онтологий предметных областей. Слабая структурированность большинства дисциплин вызывает к использованию не только текстовых, но и образных методов структурирования знаний. Целесообразность использования визуальных образов подтверждается многогранностью эйдетического мышления человека, формируемого за счёт зрительных образов.

Помимо визуализации данных для построения наглядных систем представления знаний необходимо обеспечить их однозначное определение с помощью некоторого формального языка. Этот компонент системы представления знаний обеспечивается использованием подсистемы основных терминов – ключевых слов – выбранной предметной области.

Зачастую изучение предметной области требует привлечения междисциплинарных связей с другими областями знаний. Анализ теоретической базы предметной области в отрыве от других дисциплин лишает её устойчивости, глубины и содержательности, отвлекает внимание от истинного существа и ценности изучаемого объекта. Для усовершенствования семантической составляющей системы представления знаний необходимо избавить её от замкнутости на саму себя и «вырожденности», показав её связи с другими областями знаний.

Таким образом, качество представления предметной области обеспечивается синтезом символьных и визуальных методов структурирования знаний и отражением междисциплинарных связей с другими областями

знаний. Полученная в результате этого система является визуально-когнитивной системой представления предметной области. Такая система формирует целостный образ предметной области.

Рассмотрим подход к построению визуально-когнитивной системы представления предметной области. В качестве иллюстрации описанного в работе подхода используется визуально-когнитивное представление онтологии балета.

II. Когнитивные конструкты и репертуарные решётки

В ряду психологических теорий восприятия информации особое место занимает теория личных конструктов Джорджа Келли. Изучая человеческую природу восприятия, Келли предложил идею индивидуальной конструктивной системы, которой обладает каждый человек и пользуется ею для изучения объектов и явлений реального мира [1].

В интересах описания настоящего проекта остановимся на основных положениях теории Келли.

- 1) Главной целью индивидуума в процессе познания является построение гипотез об изучаемом предмете/явлении. Гипотезы и предсказания становятся возможными, когда человек отмечает присущие элементу множества признаки, не характерные для других – он создаёт конструкты подобия и противоположности.
- 2) Человек воспринимает окружающий мир посредством оценочной системы, состоящей из конечного числа личных конструктов. Личный конструкт можно рассматривать как репрезентацию мира, используемую человеком для классификации различных объектов и для построения гипотез о них, а также для реконструирования системы связей и отношений между ними.
- 3) Конструкты биполярны и дихотомичны, т.е. имеют полюс сходства и полюс контраста. Выбирая полюс конструкта, человек интерпретирует объект познания. На основании конструктов он также определяет подобие или противоположность разных объектов познания.

- 4) На основании уже имеющихся конструкторов человек способен выстраивать новые. Формируя конструкторы, человек истолковывает ту или иную часть мира, определяет её, расширяет представление о ней, строит гипотезы.
- 5) Оценочная система человека может состоять из логически не связанных конструкторов.
- 6) По мере повторения событий оценки человека, а также и его оценочная система в целом претерпевают изменения. Человек дополняет и изменяет представление о предметной области на основании предшествующего опыта.

Для диагностики личных конструкторов и способов их использования для оценки окружающего мира Келли разработал репертуарный тест ролевых конструкторов [2]. Репрезентативность репертуарного теста была показана рядом специалистов [3].

Одна из вариаций репертуарного теста заключается в составлении матрицы оценок. Эксперт предметной области заполняет матрицу, следуя методологии Келли, с целью извлечения знаний. Эксперт производит выбор n оцениваемых объектов и выбор m парных конструкторов, названия которых служат именами столбцов и именами строк соответственно. Элементы полученной матрицы $m \times n$ – выставляемые экспертом предметной области оценки на пересечении конструкторов и объектов. В случае если j -й объект сильнее связан с положительным полюсом конструктора, выставляется оценка 1, с отрицательным – оценка 3. Если конструктор не имеет отношения к объекту, выставляется оценка 2. Принцип построения репертуарной решётки показан в Таблице I.

Таблица I. Принцип построения репертуарной решётки

	Объект 1	...	Объект n
Конструктор 1			
Положительный полюс	Оценка от 1 до 3	...	...
–			
Отрицательный полюс			
...
Конструктор m			
Положительный полюс	...	...	...
–			
Отрицательный полюс			

Полученные оценки подвергаются статистическому и интерпретационному анализу, позволяющему получить графическое отражение связей между объектами одной предметной области, а также между объектами различных предметных областей.

III. Построение визуально-когнитивных структур на основании когнитивных конструкторов и репертуарных решёток

В общем случае описание предметной области определяется набором составляющих её сущностей и их атрибутов, а также системой связей между этими сущностями.

Формальные описания многих предметных областей предполагают, во-первых, наличие визуализации

составляющих их сущностей и, во-вторых, наличие системы связей между этими сущностями через их атрибуты.

Поскольку сущность определяется набором своих атрибутов, то для каждой сущности целесообразно выделить такое подмножество атрибутов, которое её однозначно идентифицирует. Если однозначно определить систему атрибутов и рассматривать мышление как механическое оперирование абстрактными символами [4], то человеческий мозг сможет получить представление о предметной области изучения, выполняя формальные операции над связывающими сущности атрибутами.

Идентификация сущности с помощью атрибутов подразумевает такое её определение, которое отражает её отношения с другими сущностями предметной области. Для удовлетворения этого требования в качестве системы атрибутов имеет смысл использовать систему основных терминов предметной области, или ключевых слов. Выбор набора ключевых слов, тегов, образующих множество антонимичных пар, устанавливает связь с биполярными конструкторами Келли. Если конечный набор противоположных тегов выполняет роль набора конструкторов, то описанная посредством него предметная область воспринимается человеком как целостная структура.

Заполнение репертуарной решётки сущностями в качестве объектов и парными тегами в качестве конструкторов, приведённое в Таблице II, позволяет выявить наличие связи сущностей с теми или иными тегами.

Таблица II. Репертуарная решётка из тегов и сущностей

	Сущность 1	...	Сущность n
Тег 1			
–	$a_{11} \in \{1, 2, 3\}$	...	...
Противоположный тег 1			
...
Тег m			
–
Противоположный тег m			

Теги, получившие максимальные оценки, становятся основными тегами, относящимися к предметной области. Максимальная оценка тега подразумевает наибольшее количество оценок «1» или «3» для левого или правого полюсов тега соответственно, а также наименьшее количество оценок «2». Построенная матрица позволяет оценить близость самих сущностей. Оценка близости производится с

помощью вычисления для каждой пары сущностей, представленных в столбцах Таблицы II, сумм $\sum(i, j)$ [$\forall i \neq j, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, m}, \sum(i, j) = \sum(j, i)$] вида:

$$\begin{aligned} \sum(i, j) &= |a_{11} - a_{12}| + \dots + |a_{m1} - a_{m2}| \\ &\dots \\ \sum(n-1, m) &= |a_{1(n-1)} - a_{1n}| + \dots + |a_{m(n-1)} - a_{mn}| \end{aligned} \quad (1)$$

Чем меньше сумма $\sum(i, j)$, тем сильнее близость пары сущностей (i, j) . Полученные оценки близости позволяют сформировать граф их связей. Для этого строится матрица смежности графа связей сущностей размера $n * n$. Отношение инцидентности задаётся функцией $S(i, j)$, принимающей значение 1 для близких сущностей i и j и 0 – для разрозненных:

$$S(i, j) = \begin{cases} 1, & \lim_{n \rightarrow \infty} \sum(i, j) = 0, \forall i \neq j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

Таблица III демонстрирует матрицу смежности графа связей.

Таблица III. Матрица смежности графа связей

	Сущность 1	...	Сущность n
Сущность 1	0 или 1	...	...
...
Сущность m	...	...	...

Получаемый с помощью применения теории личных конструкторов Келли и метода репертуарных решёток граф, вершинами которого служат названия сущностей - визуально-когнитивная структура. Визуально-когнитивная структура наглядно изображает близость и разрозненность сущностей изучаемой предметной области. Такая структура является основой визуально-когнитивной системы для моделирования предметной области. Ниже приведены особенности построения визуально-когнитивной системы с использованием перечисленных необходимых теоретических сведений на примере модельной предметной области.

IV. Проект визуально-когнитивной системы

В качестве модельной предметной области выступает онтология балета. Технология построения визуально-когнитивной системы состоит из следующих шагов.

- 1) Выбрать основные сущности модельной предметной области, а также произвести подбор возможных атрибутов сущностей.
- 2) Построить и заполнить оценками репертуарную решётку для выбранных сущностей и атрибутов.
- 3) Произвести диагностику и пересмотр тегов, отбросив конструкторы, получившие большее количество оценок «2».
- 4) Оценить близость сущностей по формулам (1).

- 5) Построить матрицу смежности графа связей по формуле (2). По матрице смежности построить граф связей.
- 6) Названия сущностей в графе заменить их графическим представлением. Возможен выбор центрального графического элемента. В этом случае строится граф, изоморфный первоначальному, акцентирующий внимание на центральном графическом элементе.
- 7) По сторонам от каждой вершины графа в качестве комментария расположить отобранные в пункте 3 теги. Слева предлагается расположить близкие полюсы тегов, получившие в решётке в пункте 4 оценки «1», справа – противоположные сущности полюсы тегов, получившие в решётке в пункте 4 оценки «3». Полученный граф называется нагруженным графом связей сущностей предметной области.

Для выбранной модельной предметной области сущностями послужат балетные спектакли, в частности балеты-поэмы, а их атрибутами – ключевые описательные термины модельной предметной области, подобранные парами.

В Таблице IV приведена репертуарная решётка для оценки связи ряда описательных терминов из модельной предметной области с пятью сущностями [5].

В Таблице IV используются следующие условные обозначения:

- A – «Бахчисарайский фонтан» Бориса Астафьева
- B – «Горянка» Олега Виноградова
- C – «Двенадцать» Бориса Тищенко
- D – «Дом у дороги» Валерия Гаврилина
- E – «Чайка» Родиона Щедрина

Таблица IV. Репертуарная решётка модельной предметной области

	A	B	C	D	E
Одноактный - Многоактный	3	3	1	1	3
Трагедия - Комедия	1	1	2	1	2
Лирический - Драматический	2	3	2	3	3
Романтизм - Реализм	1	3	3	3	2
Классический - Современный	1	3	2	3	3
Канон - Реформа	1	3	1	2	3
Танцевальный - Пантомимный	1	1	2	1	3
Сюжетный - Бессюжетный	1	1	1	1	1

Диагностика конструкторов показывает, что из их списка необходимо исключить конструкторы «Лирический – Драматический» и «Трагедия – Комедия».

Вычисления сумм (1):

$$\begin{aligned} \sum(1, 2) &= 7; & \sum(1, 3) &= 7; \\ \sum(1, 4) &= 8; & \sum(1, 5) &= 9; \\ \sum(2, 3) &= 8; & \sum(2, 4) &= 3; \\ \sum(2, 5) &= 4; & \sum(3, 4) &= 5; \\ \sum(3, 5) &= 8; & \sum(4, 5) &= 7. \end{aligned}$$

Результаты вычисления сумм свидетельствуют о близости сущностей B и D («Горянка» Валерия Виноградова и «Дом у дороги» Валерия Гаврилина), а также B и E («Горянка» Олега Виноградова и «Чайка» Родиона Щедрина). Возможна также близость сущностей C

и D («Двенадцать» Бориса Тищенко и «Дом у дороги» Валерия Гаврилина). Для большей точности оценок рекомендуется увеличение количества дихотомических тегов.

В Таблице V приведена матрица смежности графа связей сущностей модельной предметной области.

Таблица V. Матрица смежности графа связей сущностей модельной предметной области

	A	B	C	D	E
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	1	1
C	0	0	0	0	0
D	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0

На Рис. 1 показан граф связей между сущностями модельной предметной области, матрица смежности которого приведена в Таблице V.

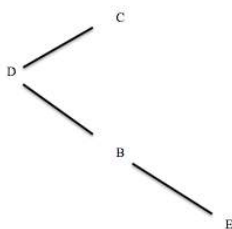


Рис. 1. Граф связей сущностей модельной предметной области

На Рис. 2 приведён нагруженный граф связей сущностей модельной предметной области.

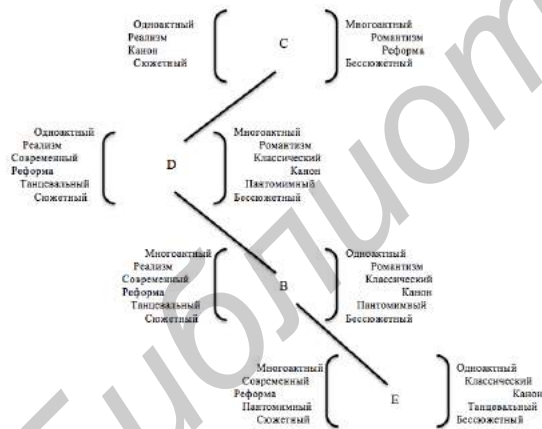


Рис. 2. Нагруженный граф связей сущностей модельной предметной области

Графическим представлением сущности модельной предметной области служит изображение афиши, фотография исполнителей основных партий, фотография кульминационной сцены в балете. Центральным графическим элементом выступает графическое представление характерной для рассматриваемого жанра модельной предметной области сущности.

Полученное наглядное представление с использованием знаковой для выбранного направления модельной

предметной области сущности и системы дихотомических тегов сформирует у человека целостный образ направления. Этот образ впоследствии он сможет дополнять, изучая другие сущности, принадлежащие к тому или иному направлению модельной предметной области, и вновь сравнивая релевантные теги-конструкты. На основании этого образа человек сможет строить гипотезы относительно новых для него сущностей и определять их направления.

V. Заключение

Предложенный в работе подход к построению визуально-когнитивной системы представления знаний предназначен для описания предметных областей с помощью выделения множеств парных конструктов, а также их наглядного представления. Подход позволяет человеку не только сформировать целостный образ изучаемой предметной области и запечатлеть его в памяти, но и дополнять его в процессе последующего изучения, а также использовать этот целостный образ для построения предположений о новых объектах изучаемой части мира. Предполагается, что использование визуально-когнитивного подхода к построению систем представления предметных областей значительно повысит качество их изучения.

Благодарности

Автор выражает благодарность своему научному руководителю – профессору С.Ю. Соловьёву.

Список литературы

- [1] Келли, Дж. Психология личности. Теория личных конструктов. – СПб.: Речь, 2000.
- [2] Fransella F., Bannister D. A Manual for Repertory Grid Technique. – Chich.: John Wiley & Sons, 2004.
- [3] Adams-Webber J. R. Elicited versus Provided Constructs in Repertory Grid Technique: A review. – British Journal of Medical Psychology, v. 43. – pp. 349-354.
- [4] Лакофф, Дж. Женщины, огонь и опасные вещи. Что категории языка говорят нам о мышлении. – М.: Гнозис, 2011.
- [5] Русский балет: Энциклопедия – М.: «Большая Российская энциклопедия; Согласие», 1997.