

ПОИСК ПРЕДМЕТА ВЫСКАЗЫВАНИЯ В ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЕ НА РЕШЕТКЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ТЕГОВ

Э. К. Алгазинов, А. А. Жижелев, А. Р. Нехаев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 26.10.2011 г.

Аннотация. В работе представлен подход к идентификации предмета высказывания в диалоговой системе, использующий семантическую классификацию, основанную на тегах. Подход включает в себя итерационный поиск, генерацию альтернатив и разрешение противоречий. Рассмотрение производится на примере диалоговой системы кофейного автомата.

Ключевые слова: диалоговая система, классификация тегами, поиск на решетке.

Annotation. The paper explores text meaning extraction method based on semantic tagging. This method includes iterative search, alternatives generation and contradiction resolution. The example of coffee machine dialog system is considered.

Keywords: dialog system, lattice search, tagging.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из распространенных видов прикладных диалоговых систем [1] являются системы, функционирование которых направлено на оказание услуг или продажу товаров (заказ авиабилетов – CMU Communicator [2], бронирование номеров в гостинице – Olympus Roomline [3] и др.). Одной из задач для таких систем является идентификация товара (услуги), который пользователь описывает на естественном языке. Проблема идентификации обусловлена следующими особенностями диалогового режима взаимодействия:

- вместо уникального идентификатора товара пользователь может называть его отдельные характеристики;
- описание товара может растянуться на несколько высказываний;
- высказывания пользователя могут противоречить друг другу (например, если пользователь изменил свой выбор в процессе заказа);
- система имеет возможность уточнять выбор пользователя.

Исходя из этого, можно выделить следующие задачи, которые должны быть решены в диалоговой системе для идентификации предмета:

- поиск предмета по его неполным характеристикам;
- формулирование уточняющих вопросов;
- обнаружение и разрешение противоречий.

Целью нашего исследования является создание эффективной модели поиска предмета высказывания в прикладной диалоговой системе. В настоящей работе описывается подход на основе решетки семантических тегов. Для экспериментальной проверки предлагаемого подхода авторами был создан прототип голосовой диалоговой системы кофейного автомата. Поэтому изложение подхода будет вестись на примере этой предметной области.

В структуре голосовой диалоговой системы можно выделить три компонента [4]: подсистема распознавания речи, подсистема ведения диалога, подсистема синтеза речи. Подсистема распознавания речи преобразует поступающую в качестве аудио сигнала через микрофон речь пользователя в текст. Подсистема ведения диалога анализирует этот текст, выполняет запрошенные пользователем действия (бизнес-логику), генерирует ответ пользователю в текстовой форме. Подсистема синтеза речи преобразует текст в аудио сигнал, который воспроизводится пользователю. В данной работе мы рассматриваем вопросы организации поиска предмета высказывания в подсистеме ведения диалога, не касаясь проблем распознавания и синтеза устной речи.

Система работает с подмножеством естественного языка, связанным с выбором и заказом напитков (названия напитков, типовые фразы для выяснения наличия и цены, типовые фразы для заказа). Модель диалога строится исходя из того, что конечной целью пользователя является

ся заказ напитка. Автомат выстраивает диалог, придерживаясь принципа лаконичности [5]: максимально использовать всю информацию, полученную от собеседника, а также собственные знания, избегая лишних вопросов и повтора уже сказанного.

АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Покупатель, как правило, называет не уникальный идентификатор товара, а только часть его названия или отдельные характеристики. В случае кофейного автомата такими характеристиками могут быть: вид (кофе, чай), название («Нескафе», «Гринфилд»), цвет (черный, зеленый), вкус (малиновый, земляничный), крепость (крепкий), температура (горячий), добавки (сливки, лимон), порция (двойной) и пр.

При формулировании уточняющих вопросов необходимо учитывать, что разные характеристики имеют разный приоритет. Так, фразу покупателя «черный» более естественно уточнить вопросом «чай или кофе?», чем вопросом «со сливками или с лимоном?».

Между характеристиками в предметной области существуют определенные отношения: кофе не может быть зеленым, шоколад может быть только горячим и т.п. Такого рода отношения необходимо учитывать для определения противоречий при заказе.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ

Одним из наиболее распространенных способов представления знаний в диалоговых системах является фреймовая модель [4,6].

В случае большого количества разнородных характеристик использование фреймовой модели становится малоэффективным по следующим причинам:

- «разреженность» фреймов-экземпляров: из всего множества слотов будет заполнено лишь небольшое их количество, что затрудняет создание и поддержку базы знаний;

- невозможность в рамках фреймовой модели описать отношения между слотами не позволяет объединять слоты в группы и ранжировать по важности, что необходимо для выбора альтернативного вопроса и обнаружения противоречий.

Первый недостаток преодолевается при использовании вместо фреймовой модели в качестве способа представления знаний логики предикатов первого порядка [1]. Однако второй

недостаток сохраняется, поскольку в рамках логики предикатов первого порядка невозможно составлять предикаты о предикатах.

Таким образом, представление знаний с помощью фреймов или логики предикатов первого порядка не позволяет решить всех поставленных задач. Рассмотрим далее подход на основе решетки семантических тегов.

СЕМАНТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Автомат может приготовить напиток только по заранее запрограммированным рецептам («черный кофе», «кофе со сливками» и т. п.), которые хранятся у него в памяти. Выделим все возможные характеристики (т.н. таксономические предикаты), которые может назвать покупатель, и составим на их основе семантическую классификацию рецептов с помощью тегов [7].

Каждому тегу поставим в соответствие подмножество C_i рецептов из множества рецептов $R = \{r_1, \dots, r_n\}$, которое будем называть базовым классом. Множество всех базовых классов обозначим $\mathbb{C} = \{C_1, \dots, C_m\}$. Например, рецепт «двойной кофе со сливками» относится к базовым классам «кофе», «со сливками», «двойной».

Пересечения базовых классов будем называть производными классами. Например, для рецепта «двойной кофе со сливками» производными будут классы «кофе со сливками», «двойной кофе» (рис. 1).

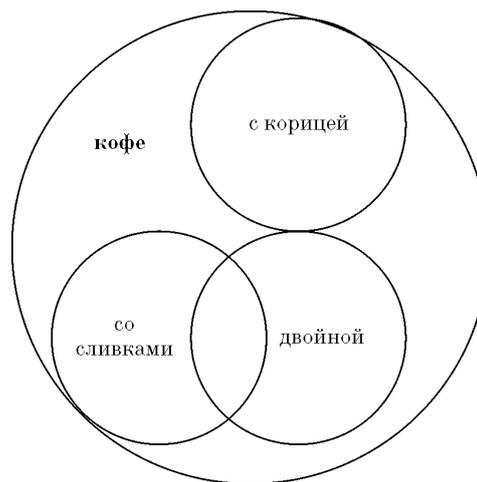


Рис. 1. Пересечение классов рецептов

Объединение базовых и производных классов, дополненное универсумом R и пустым множеством обозначим \mathbb{D} . Если упорядочить \mathbb{D} по отношению вложения, то получится ре-

шетка [8] $\inf(\mathbb{D}) = \emptyset$, $\sup(\mathbb{D}) = \cup C_i, C \in \mathbb{C}$. Фрагмент получившейся решетки показан на рис. 2.

АЛГОРИТМ ПОИСКА

Пользователь описывает рецепт одним или несколькими сообщениями. В ходе анализа каждого сообщения производится поиск ключевых слов и фраз, соответствующих классам рецептов. Ключевые слова ищутся во всех грамматических формах, возможных для данной предметной области, после чего происходит их приведение к инфинитиву. Результат поиска – семантические метки, обозначающие названные классы рецептов. Таким образом, каждое высказывание пользователя можно представить как последовательность U_t базовых классов, следующих в порядке упоминания их пользователем, где t – номер высказывания.

$$U_t = \{U_{t1}, \dots, U_{tk_t}\}, U_{ti} \in \mathbb{C}, t > 0. \quad (1)$$

Поскольку пользователь может формулировать один заказ несколькими сообщениями, обозначим последовательность K_t всех указанных пользователем классов к моменту t . Для этого воспользуемся операцией конкатенации последовательностей:

$$\begin{aligned} K_0 &= \emptyset; \\ K_t &= K_{t-1} \bullet U_t. \end{aligned} \quad (2)$$

Множество подходящих рецептов является пересечением базовых классов рецептов, накопленных в контексте в ходе диалога:

$$O_t = \cap K_{ti}, K_{ti} \in K_t, O_t \in \mathbb{D}. \quad (3)$$

Если $|O_t| = 1$, искомый рецепт, удовлетворяющий всем перечисленным пользователем признакам, найден.

Если $|O_t| > 1$, используется алгоритм генерации вопроса с альтернативами.

Если $|O_t| = 1$, используется алгоритм разрешения противоречий.

Алгоритм поиска допускает введение эвристики для повышения лаконичности. Например, если существует единственный рецепт r , входящий во все классы, названные пользователем, и не входящий во все иные классы, то вероятно, что данный рецепт r является искомым:

$$\begin{aligned} \forall C_i \in K_t, r \in C_i, \\ \forall C_j \in \mathbb{C} \setminus K_t, r \in C_j, \\ O_t = \{r\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Проиллюстрируем алгоритм поиска на примере (здесь и далее «П» – реплика пользователя, «А» – реплика автомата):

П: Мне, пожалуйста, кофе.

П: Если есть, с корицей.

А: Ваш заказ – кофе с корицей. С Вас двадцать рублей.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВОПРОСЫ

В ситуации, когда $|O_t| > 1$, сведений для однозначного определения рецепта недостаточно. Такая ситуация может возникнуть, например, если пользователь не знает ассортимента напитков или не помнит название нужного ему напитка. Чтобы помочь пользователю, автомат должен взять инициативу на себя: назвать подходящие под описание рецепты O_t и предложить выбрать один из них. Такое предложение будет достаточно естественным и лаконичным, если число вариантов невелико ($|O_t| \leq 3$).

Если оставшихся вариантов больше ($|O_t| > 3$), то автомат может предложить выбор не из всех подходящих конечных рецептов, а из заведомо небольшого множества базовых классов, по которым эти рецепты различаются. Анализ предметной области показал, что классы должны выбираться не произвольно, а в соответствии

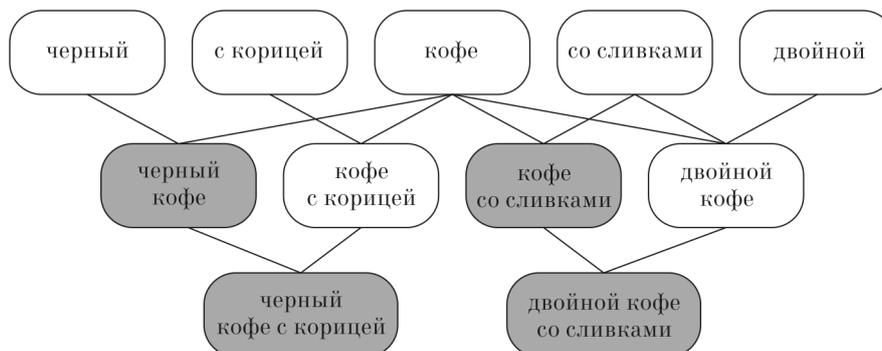


Рис. 2. Фрагмент решетки классов рецептов

твии с тем, насколько более существенный признак лежит в основе деления на классы. Определим упорядоченное множество типов базовых классов:

- первый тип – названия базовых напитков («кофе», «чай»);
- второй тип – разновидности базовых напитков («черный кофе», «земляничный чай»);
- третий тип – добавки («со сливками», «с лимоном»);
- четвертый – разновидности добавок («с двойными сливками»).

Множество базовых классов типа i обозначим L_i . Множество альтернативных классов A_t формируется из классов наименьшего по порядку типа, не определенного пользователем:

$$i_{\min} = \min(\{i \mid L_i \cap K_t = \emptyset\}), i \in \{1, \dots, 4\};$$

$$A_t = \{C_m \mid C_m \cap O_t = \emptyset, C_m \cap O_t \neq O_t, C_m \in L_{i_{\min}}\}. \quad (5)$$

Если $A_t = \emptyset$, то рецепты не различаются по классам данного типа. В этом случае производится поиск следующего наименьшего по порядку типа, не определенного пользователем.

Пример диалога с выделением альтернатив:

- П: Какой-нибудь кофе.
 А: У меня есть чёрный, двойной.
 П: Двойной.
 А: Со сливками или с шоколадом?
 П: Со сливками.

А: Двойной кофе со сливками. С Вас шестнадцать рублей.

РАЗРЕШЕНИЕ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Если $|O_t| = 0$, это значит, что последнее высказывание пользователя противоречит его предыдущим высказываниям. Такое может произойти по ряду причин. Для примера остановимся на ситуации, когда пользователь изменил свой выбор в процессе заказа. В этом случае система исходит из того, что последние высказывания более точно отражают текущую потребность и имеют приоритет. Из K_t удаляются классы, несовместимые с набором классов, названных пользователем позднее:

$$K'_t = \left\{ C_h \in K_t \mid \bigcap_{\substack{i=h-1 \\ i \in H}}^0 C_i \cap C_h = \emptyset \right\}, h \in H; \quad (6)$$

$$K_t = K_t \setminus K'_t.$$

Приведем пример такого диалога:

П: Можно двойной кофе без сахара?

А: Вы заказали двойной кофе без сахара за пятнадцать рублей.

П: Нет. Тогда просто чёрный кофе.

А: Ваш заказ – чёрный кофе без сахара. С Вас девять рублей.

заклучение

Представленный подход идентификации предмета высказывания с использованием семантической классификации на основе тегов, а также алгоритмов поиска, генерации альтерна-

Таблица 1.

Состояния системы в простом случае алгоритма поиска

t	Сообщение	U_t	K_t	O_t
1	Мне пожалуйста кофе	кофе	кофе	чёрный кофе, чёрный кофе с корицей, кофе со сливками, двойной кофе со сливками
2	Если есть с корицей	с корицей	кофе, с корицей	чёрный кофе с корицей

Таблица 2.

Состояния системы в случае генерации альтернатив

t	Сообщение	U_t	K_t	l_{\max}	A_t
1	Какой-нибудь кофе	кофе	кофе	2	чёрный кофе, двойной кофе
2	Двойной	двойной	кофе, двойной	3	со сливками, с шоколадом
3	Со сливками	со сливками	кофе, двойной, со сливками		

тив и разрешения противоречий позволяет решить задачу идентификации товара в прикладной диалоговой системе. Данный подход применен в реализованном прототипе голосовой диалоговой системе кофейного автомата. В ходе испытаний системы кофейный автомат во всех случаях верно определил ожидаемый напиток, а пользователи оценили реплики автомата как естественные для соответствующей диалоговой ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Jurafsky D. S. Speech and Language Processing / D. S. Jurafsky, J. H. Martin.* – USA, New Jersey: Prentice-Hall, 2000. – 975 с.
2. *Bohus D. The RavenClaw dialog management framework: Architecture and systems / D. Bohus // Computer Speech and Language, 2009.* – С. 332–361.
3. *Rudnicky A. Task and domain specific modelling in the Carnegie Mellon Communicator system / A. Rudnicky, C. Bennett, A. Black, A. Chotomongcol, K. Lenzo, A. Oh, R. Singh // Proceedings of ICSLP 2000.* – China, Beijing, 2000.
4. *Cohen M. H. Voice user interface design / M. H. Cohen, J. P. Giangola, J. Balogh.* – USA, Boston: Pearson Education, 2004. – 336 с.
5. *Алгазинов Э. К. Реализация принципа лаконичности в диалоговых системах / Э. К. Алгазинов, А. А. Жижелев, А. Р. Нехаев // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы X Международной научно-методической конференции – Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2010.* – Том 1. – С. 33–36.
6. *Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание / Дж. Ф. Люгер ; пер. с англ. – М. : Издательский дом 'Вильямс', 2003.* – 864 с.
7. *Fu W.-T. The Microstructures of Social Tagging: A Rational Model / W.-T. Fu // Proceedings of the ACM 2008 conference.* – USA, San Diego: ACM, 2008.
8. *Биркгоф Г. Теория решеток / Г. Биркгоф ; пер с англ. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.* – 568 с.

Алгазинов Эдуард Константинович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационных систем ФКН Воронежского государственного университета. Тел. (4732) 208-724. Email: algazinov@cs.vsu.ru

Жижелев Арсений Александрович – кандидат экономических наук, ассистент кафедры информационных систем ФКН Воронежского государственного университета. Тел. (4732) 208-724. Email: zhizhelev@cs.vsu.ru

Нехаев Антон Романович – аспирант кафедры информационных систем ФКН Воронежского государственного университета. Тел. (4732) 208-724. Email: nehaev@gmail.com

Algazinov E. K. – doctor of Physics-math. Sciences, Professor of the dept. of the Information Systems, Voronezh State University, Tel. (4732)208-724. Email: nehaev@gmail.com

Zhizhelev A. A. – candidate of economic sciences, assistant of dept. of the Information Systems, Voronezh State University, Tel. (4732)208-724. Email: nehaev@gmail.com

Nekhaev A. R. – post-graduate student, the dept. of the Information Systems, Voronezh State University, Tel. (4732)208-724. Email: nehaev@gmail.com