

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ЭВМ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

М.К. Тимофеева

Проблема построения формальной модели диалога на естественном языке (ЕЯ) очень сложна, а методы ее исследования многочисленны и разнообразны. Приводимый ниже обзор - скорее общее впечатление от положения дел в данной области, чем детальный разбор существующих методов, который потребовал бы не статьи, а целой книги. Более подробно рассматриваются работы, проводимые в рамках логического программирования и ситуационной семантики. Описания ряда других методов можно найти в [1-3]. Приводится краткая характеристика проектируемой системы ЕЯ-взаимодействия, ориентированной на управление сложными процессами.

1. Сложность оценки существующих моделей

Исследование возможностей ЕЯ-взаимодействия с ЭВМ поглощает в настоящее время больше средств, чем какие-либо другие исследования в области обработки естественных языков [3]. Работа в этом направлении развивается как в плане переформулировки своих задач, так и в плане поиска средств их решения. Существует огромное число публикаций, посвященных формальному моделированию разных аспектов естественных языков. Однако четкое представление о том, как строить конкретные системы (ориентированные на определенные предметные области и определенные способы взаимодействия), отсутствует. Ситуация осложняется тем,

что существующие методы, во многом дублирующие друг друга, излагаются часто в совершенно разных терминах, с использованием разных метафор, рисующих картину ЕЯ-взаимодействия. Метатеория, в рамках которой могли бы производиться формальное сопоставление этих методов и оценка их возможностей, пока не сложилась. В подавляющем большинстве публикаций ЕЯ-модели обсуждаются только на уровне примеров, критерии подбора которых неизвестны. Наиболее "узкие" места существующих систем ЕЯ-взаимодействия, более всего затрудняющие оценку их реальных возможностей, таковы.

1.1. Способ задания языка взаимодействия. В любой системе ЕЯ-взаимодействия используется не весь язык, а только некоторая его часть, некоторый подъязык. Сведения о таком подъязыке обычно можно почерпнуть из 4-х источников: а) частично формализованного описания транслятора с естественного языка на некоторый формальный язык; б) примеров реагирования системы на разные типы запросов; в) описания типов структур, к которым должны сводиться входные ЕЯ-тексты; г) описания мира (предметной области). Ни один из этих источников не дает доступного и полностью адекватного представления о допустимых конструкциях естественного языка. Реально ограничения, накладываемые на язык общения, определяются только опытным путем, и для пользователя всегда есть риск оказаться непонятым или понятым неверно.

1.2. Оценка надежности. Надежность систем ЕЯ-взаимодействия, поведение которых формально неспецифицируемо, оценивается путем тестирования. Впервые такую задачу поставил У. Вудс в 1977 г. Предлагалось оценивать три аспекта: а) языковые возможности (список обрабатываемых языковых явлений и степень обработки каждого из них); б) удобство, ясность, применимость; в) время [4].

Для оценки языковых возможностей система обычно рассматривается как "черный ящик" и подсчитывается доля неверных "пониманий" входных запросов среди всех таких запросов. Могут использоваться весовые характеристики (например, оценки степени "понимания" системой входного выражения, оценки важности этого выражения [4]). Так оценивалась, например, запросно-ответная система PARNAX для работы с банком данных ADABAS на итальянском языке [4]. В зависимости от типа выборки и установленных весов оценки колебались от 0,22 до 0,59. По данным из [5], в среднем около трети запросов содержат те или иные отклонения от заложенной в ЭВМ ЕЯ-модели. В большинстве публикаций системы ЕЯ-взаимодействия вообще не сопровождаются какими-либо числовыми оценками своей надежности.

1.3. Средства обработки некорректного входного сообщения.

Сообщение некорректно, если оно "непонятно" анализатору текста. Средства обработки таких сообщений организуются как некоторое расширение основного анализатора текста. При этом возникают те же проблемы (способ задания, оценка надежности, средства обработки некорректного сообщения и т.д.). Способами реагирования на некорректное сообщение являются: а) отказ от работы или обращение к пользователю; б) игнорирование ограничений, одинаковая обработка правильных и неправильных предложений [6]; в) установление аналогии с ближайшей по символическому сходству или месту в иерархии понятий правильной конструкцией [7,8]; г) предсказание возможных характеристик "непонятного" участка на основе знаний системы о языке и мире [9]. Средства анализа некорректного текста могут быть выделены как метаязык [5].

1.4. Определение степени транспортабельности.

В ЕЯ-взаимодействии возникает во все большем числе областей деятельности человека. Поэтому при описании каждой системы важно четко выделить ее транспортабельную часть, не зависящую от предметной области и способа ЕЯ-взаимодействия. Лишь в не-

многих работах эта часть выделена как отдельная подсистема.

Транспортабельные концептуальные средства чаще всего представляют собой сети абстрактных понятий, которые в процессе адаптации системы дополняются конкретными понятиями, относящимися к рассматриваемой предметной области [10-12]. Транспортабельность средств анализа ЕЯ-текстов достигается либо путем создания (обычно на базе логического программирования) методов, совместимых со многими теориями естественного языка [13], либо путем построения некоторого базового набора совместимых функциональных модулей, позволяющих собирать лингвистический процессор согласно требованиям решаемой задачи [11,12], либо путем использования средств обучения. Средства обучения могут быть двух типов: 1) система "самообучается" на основе имеющихся у нее знаний о языке, мире, тексте [9, 14, 15]; 2) пользователь отвечает на вопросы из заранее введенного в систему списка вопросов [10,15]. Результатами "самообучения" могут быть: морфологическая структура текста [14], семантические признаки слов [9], схемы согласования и управления для слов [15]. Транспортабельные инструментальные средства реализуют операции над различными типами данных (например, фреймовые языки [16]).

Обзор транспортабельных систем ЕЯ-взаимодействия и подробное описание одной из них приведены в [10].

2. Существующие типы моделей ЕЯ-взаимодействия

При построении систем ЕЯ-взаимодействия необходимо моделирование двух динамических взаимосвязанных объектов: мира (предметной области) и языка.

2.1. Типы моделей мира. Самый простой вариант - статический мир - мир, в котором не происходит никаких изменений.

Примером системы, базирующейся на такой модели мира, может служить система **NOMAD**, предназначенная для сообщения кораблей военно-морского флота с берегом [9]. Хотя ЕЯ-модель здесь довольно проста (152 шаблона слов, характеризующих их синтаксические и семантические свойства, и 16 описаний ситуаций), она позволяет "понимать" тексты, состоящие из нескольких предложений; восстанавливать пропущенные части предложений; "предсказывать" значения впервые встречаемых слов.

Динамический мир может быть пассивным и активным. В любом случае он включает понятие времени. Динамический пассивный мир не изменяется сам по себе. Причина его изменения лежит вне его. На таком описании мира основано большое число моделей ЕЯ-взаимодействия, например [11,12,17]. Динамический активный мир способен сам планировать свое поведение. Такова, например, система [18].

Модель мира может включать в себя модель пользователя, строящуюся на основе анализа содержания диалога (прямые вопросы к пользователю [19], вывод логических следствий [20]) или использованных в нем языковых средств (выявление причин, обусловивших выбор пользователем именно этих средств). Второй путь построения модели пользователя (пока еще очень слабо представленный в моделях ЕЯ-взаимодействия) основан на концептуальной реконструкции [21] - выявлении связей между лингвистическими структурами текста и структурами представлений его автора о мире. Это направление тесно связано с такими областями исследований, как социолингвистика, контент-анализ и т.д.

Модели пользователя используются и при анализе, и при порождении ЕЯ-текста. В первом случае - для понимания запроса, во втором - для предсказания реакции пользователя на выданный ему машиной текст ("обратная связь предвидения" [22] или "естественный внутренний отбор" [23]). Предсказание локально, если оно предсказывает языковые структуры, распознаваемые пользова-

телем в тексте, и глобально, если оно предсказывает работу воображения пользователя, т.е. генерирует описания образов реального мира на естественном языке [22]. Глобальные предсказания используются при моделировании диалогов коммерческих сделок, для которых характерна пристрастность рекламирующего; при генерации определений терминов [24].

Модель мира может включать несколько "подмиров", представляющих собой либо альтернативные сосуществующие положения дел, либо возможные направления развития событий. Модель пользователя может быть одним из таких альтернативных положений дел. Связь между "подмирами" определяется отношением доступности между ними. Так, например, в [25] "подмиры" есть возможные истории развития событий, а отношение доступности основано на сходстве таких историй, для описания которых используется логика планов, включающая модель времени. Другой пример - процессуальный вариант грамматики Р.Монтегю [26], использующий семантику возможных миров и предусматривающий динамическое формирование описаний мира в диалоге с пользователем [27].

2.2. Типы моделей языка. Язык есть система, опосредующая восприятие мира, лежащая между человеком и миром. Являясь "средством превращения мира в мысли" [28], он в значительной степени определяет способ видения человеком мира. В системах ЕЯ-взаимодействия и сам "мир", и "мысли о мире" сильно сужаются, поэтому для их обсуждения нужен не весь язык, а его часть. Такая часть может не быть подсистемой языка в целом, она может коренным образом отличаться от него и по своему устройству, и по принципам работы. Модель ЕЯ-взаимодействия вообще не должна быть формальной аппроксимацией тех традиционно сложившихся неформальных описаний, которые приводятся, например, в учебниках по тому же естественному языку. Этот факт не был сразу в полной мере осознан. Традиционный подход к соотно-

шению описания языка и мира можно условно назвать "мир через язык". Основа в этом случае - описание языка, т.е. задание "правильных" текстов. Модель мира как самостоятельный объект отсутствует. Ограниченность языка обуславливает и ограниченность мира, в котором этот язык функционирует, однако эти последние ограничения эксплицитно не описываются (т.е. мир "видится" только через язык). Для пользователя освоить язык, заданный множеством "правильных" типов конструкций, - задача очень сложная, ему проще понять, "о чем" можно говорить с данной системой, чем понять, "как" нужно говорить. Поэтому предпочтительнее оказался другой подход: "язык через мир"*) , при котором первично описание элементов мира, их отношений и характера изменения, язык же рассматривается как система, моделирующая внешний мир. В чистом виде моделей типа "язык через мир" нет. Описание языка всегда вносит дополнительные, эксплицитно не описанные ограничения на то, что может иметь место в мире. Нарушения этих ограничений являются основными причинами выхода запросов за пределы доступной системе модели мира.

Переход к моделям типа "язык через мир" показал неадекватность существующих описаний естественного языка и привел к изменению как назначения ЕЯ-моделей, так и их внутреннего строения.

Грамматика естественного языка по своему назначению традиционно была нормативной системой, определяющей, что такое правильный текст на этом языке. Формальное ЕЯ-моделирование первоначально унаследовало этот подход. Однако при реальном использовании языка часто возникают неправильные тексты. Абсолютного

*) Выделение этих типов моделей ЕЯ-взаимодействия условно. Существует множество промежуточных вариантов соотношений описаний языка и мира. Такая же условность характерна и для всех других, выделяемых ниже типов моделей (разделяющих их по способу определения "смысла текста", по используемым системам категорий, по процедурам получения "смысла").

понятия правильности текста вообще не существует, оно зависит от условий использования этого текста. Сложности реального применения нормативного подхода привели к появлению систем, основное назначение которых - не проверить правильность текста, а найти способ "понять" его. Основные проблемы, возникающие при этом, таковы: 1) что понимать под термином "смысл текста"; 2) какие языковые категории следует использовать при его получении; 3) каков процесс получения "смысла".

2.2.1. Варианты понимания термина "смысл текста". "Понять" текст - значит поставить ему в соответствие некоторый "смысл" - высказывание на языке системы, инициирующее определенное ее ответное действие. Получение описания "смысла" и есть цель модели ЕЯ-взаимодействия, ее конечный результат (в данной статье выражение "смысл текста" понимается только в таком, прикладном, аспекте, как конечный результат работы машинного анализатора текста). Существующими вариантами такого конечного результата определяются возможные понимания термина "смысл текста" в моделях ЕЯ-взаимодействия. Эти варианты могут быть представлены как способы локализации в двумерном пространстве. Первая ось ("текст \rightarrow действие") отражает этапы перехода от текста к действию системы и может быть представлена в виде $T = T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow \dots \rightarrow T_n \rightarrow P$, где T - исходный текст, T_n - спецификация требуемого действия системы, P - само это действие, T_2, \dots, T_{n-1} - промежуточные преобразования текста. Эту цепочку преобразований можно разделить на две части по-разному, относя левую часть к "смыслу текста", а правую - к реакции системы на этот "смысл". Наиболее употребительные варианты "смысла" таковы: 1) текст на формальном языке, независимом от мира M (логическая форма текста); 2) спецификация описываемого в T фрагмента мира M ; 3) спецификация действия в M . Первый вариант "смысла" более характерен для подхода типа "мир через язык", два остальных - для подхода типа "язык через мир".

Основная особенность естественного языка (называемая его эффективностью [29]) - в том, что интерпретация текста зависит от того, где, когда и кем он использован. Вторая ось ('текст-- контекст') характеризует те знания, которые привлекаются для получения "смысла". Это могут быть знания, относящиеся к узкому (так называемому "языковому") контексту высказывания - его непосредственному окружению в тексте: соседним предложениям, соседним репликам диалога, всему диалогу. Может приниматься во внимание и более широкий контекст - модель мира, пользователя, диалога, самой системы. В большинстве действующих систем используется минимальный языковый контекст - предложение - и минимальный внеязыковый контекст - модель мира (не включающая модели пользователя, диалога, самой системы). Некоторые возможности использования более широких контекстов обсуждаются в [1,30].

2.2.2. Варианты выбора системы категорий. Каждая ЕЯ-модель основана на некоторой системе категорий, классифицирующих единицы языка. Система категорий лежит в основе правил преобразования текста и составляет концептуальный базис анализатора текста. Выбор принципов ее построения имеет далеко идущие последствия для механизма функционирования этого анализатора.

Категории могут различаться по своему описанию и по способу классификации ими единиц языка. Описание категории может не иметь внутренней структуры, в этом случае по ее внешнему виду нельзя судить о ее сочетаемости с другими категориями. В моделях ЕЯ-взаимодействия, основанных на таких системах категорий (например, [13,31]), вся комбинаторная нагрузка падает на правила преобразования текста, которые формулируются как переписывающие правила (например, $A \rightarrow BC$). Категории здесь обычно близки к категориям грамматик непосредственно составляющих (N - существительные, V - глаголы, Adj - прилагательные и

т.д.). Если описание категории имеет внутреннюю структуру, отражающую сочетаемость этой категории (как, например, в категориальных грамматиках, впервые введенных С.Лесьневским и К.Айдукевичем, [32]), то для построения сложных высказываний требуется совсем немного общих схем синтаксических правил. Единицы естественного языка здесь представляются как структуры вида "функция-аргумент". Например, глагол может представляться как функтор, сопоставляющий аргументу типа NP (группа существительного) значение S (предложение), что может обозначаться либо графом, либо цепочкой вида "S\NP", где "\" говорит о том, что функтор обычно предшествует аргументу. Общее число категорий здесь, как правило, значительно выше, чем в моделях типа [13] (так, в [33] их - 44). В чисто категориальных грамматиках комбинаторика включена целиком не в систему правил, а в категории (содержательно это означает, что большая часть синтаксической информации вносится в описания слов). Существуют и промежуточные случаи, в которых комбинаторика распределена между системой правил и категориями (например, грамматика Left-Associative Grammar [33], базирующаяся на категориальных грамматиках). Категориальные грамматики, долгое время изучавшиеся только логиками и математиками, в последнее десятилетие стали привлекать внимание и лингвистов. Это особенно связано с появлением работ, комбинирующих категориальные грамматики и формализмы, базирующиеся на унификации [34].

Выбор способа категоризации языковой действительности зависит и от того, что понимается под "смыслом текста". В тех ЕЯ-моделях, в которых строится логическая форма текста, независимая от мира M [13, 35-37], как правило, используются категории грамматик непосредственно составляющих, введенные более 30-ти лет назад и за время своего существования почти не изменившиеся. В связи с возникновением других пониманий "смысла" - как спецификации фрагмента мира M [8, 17, 29, 38] или как спецификации

действия в М [39,40] - меняется и способ классификации единиц языка.

В первом случае классификация единиц языка определяется ролями объектов, свойств и процессов, которые эти единицы обозначают в М. Так, в [17] вводятся роли: деятель, объект, реципиент, направление, состояние, время, место и т.д. В [38] разделяются ситуационные роли (часть, признак, признак признака, количество, сравнение, время, место и т.д.) и понятийные роли, связанные с логической структурой понятия (обладать, служить для, отличаться и т.д.). Модель мира для таких систем может описываться посредством графов [17], логики предикатов 1-го порядка [29], фреймов [8]. ЕЯ-модели, для которых "смысл текста" - спецификация действия системы, базируются на некоторой классификации действий. Существующие модели такого типа [39,40] ориентированы на описание стационарного мира, над которым определено конечное число действий. В [39] это - транспортные перевозки, в [40] - пути поиска в базе данных.

2.2.3. Процедуры получения "смысла текста". Существующие многочисленные формальные средства получения "смысла текста" описываются либо в терминах процессов распознавания, либо в терминах процессов реконструкции. В первом случае ЕЯ-модель довольно проста: действиям системы (число которых конечно) непосредственно сопоставляются типы языковых конструкций, их обозначающих. Анализ текста - распознавание в нем таких конструкций (которые могут встречаться с некоторыми "искажениями"). Множество конструкций описывается графом (например, РАСПВ - расширенные сети переходов с возвратами [39], представляющие собой модификацию Δ IN-грамматик У.А.Вудса [41]) или формулами языка исчисления предикатов 1-го порядка [40]. Анализ текста здесь чисто утилитарный, минимально учитывающий грамматику и семантику, уподобляющийся тем самым бихевиористскому пониманию естественного языка: текст рассматривается как "стимул", действие системы - как "реакция" на этот "стимул".

При реконструкции "смысла" ЕЯ-модель значительно сложнее, в ней используются обе оси: "текст---действие" и "текст---контекст" (при распознавании используется в основном одна ось: "текст---действие"). В частности, здесь возникает потребность в метазнаниях - знаниях об отношениях между структурой и содержанием текстов и целями их авторов. "Смысл" получается путем конструирования картины мира и требуемого преобразования этого мира, описанных текстом на естественном языке. Для построения "смысла" могут использоваться: 1) процессы умозаключения и предсказания; наиболее известная из моделей, применяющих такие процессы, - модель концептуальной зависимости Р.Шенка [17] подробно описана в [1,2]; 2) переписывающий процесс - замена текста одного языка синонимичным ему текстом другого языка или синонимические преобразования текстов одного и того же языка (имеются в виду промежуточные формальные языки, использующиеся при получении "смысла")^{*}; 3) процесс построения стандартных ситуаций в тексте и в мире. Ниже приведены примеры процессов двух последних видов, менее всего освещенные в существующих обзорах по ЕЯ-взаимодействию.

Переписывающий процесс реализуется в работах, использующих порождающие грамматики. Большой класс таких моделей ориентирован на языки логического программирования. Обнаружение сходства между предложением языка PROLOG и правилом КС-грамматики вызвало активную волну попыток использовать такие грамматики для анализа и порождения текстов на естественном языке. Обычно строятся КС-грамматики с условиями на применимость правил. Наи-

^{*}) Как и предыдущие, эта классификация ЕЯ-моделей условна. Одни и те же правила преобразования текста могут интерпретироваться по-разному. Например, [35] базируется на трех способах интерпретации: декларативной, процедурной и декларативно-процедурной (или "акторо-ориентированной"). В последнем случае грамматическое правило трактуется как описание процессов обмена сообщениями между акторами и включает символы метапеременных, интерпретирующихся как "посылать" и "получать".

более употребительны DCG-грамматики (Definite Clause Grammars) [42], базирующиеся на хорновской логике и представляющие собой КС-грамматики, дополненные процедурой унификации, заданной на аргументах нетерминальных символов. DCG-грамматики достаточно мощны для того, чтобы охватить большинство теорий, использующих форму КС-грамматик для описания синтаксических структур. Одно из наиболее популярных средств описания естественного языка - ATN-грамматика [41] - также однозначно переводится в форму DCG-грамматик [42]. Последние применяются и как пользовательский язык для спецификации грамматик, работающий на основе параллельного языка программирования PARLOG, GHC (Guarded Horn Clauses) [37] (эта же система [37] с небольшими модификациями работает и на PROLOG). В [43] предложена высокопорядковая версия DCG-грамматик, ориентированная на λ -PROLOG.

В [13] описывается один из вариантов DCG-грамматики английского языка, априорно независимый от лингвистической теории, совместимый с разными ЕЯ-моделями. Понимание текста здесь трактуется как переписывающий процесс вида: исходное предложение \rightarrow синтаксическое представление \rightarrow семантическое представление \rightarrow проверка истинности семантического представления в базе данных. Весь процесс понимания текста осуществляется на языке PROLOG. Грамматика задается деревом свойств FR (сюда могут включаться морфологические, синтаксические, семантические свойства) и набором правил переписывания. Каждому элементу правила (языковой категории) поставлен в соответствие дескриптор D, совпадающий с некоторым полным поддеревом дерева FR с точностью до пометок при вершинах (в отличие от FR, в D в качестве пометок могут встречаться символы переменных).

Для дескрипторов вводятся понятие A-унифицируемости и набор функций, использующих это понятие. В терминах этих функций формулируются условия применимости правил, представляющих

собой классические DCG-правила с аргументами, описывающими дескрипторы, например:

$$NP(*D) \rightarrow Det(*D1) Adj(*D2) Noun(*D3).$$

Условие применимости:

AUNIF(FR,*D1,*D3),

AUNIF(FR,*D2,*D3),

UNION(FR,*D,*D3),

где NP, Det, Adj, NOUN – категории слов; функция AUNIF проверяет согласованность дескрипторов *D1 и *D2, *D2 и *D3 ("*" означает, что далее идет символ логической переменной), т.е. выполнимость для них процедуры унификации; функция UNION формирует новый дескриптор.

Подход, несколько отличный от DCG-грамматик (ориентирующийся на PROLOG с равенством), используется в IP-грамматиках [35], базирующихся на теории акторов С.Хьюитта [49]. Актор совмещает в себе аспекты и процедур, и данных. Его действия обусловлены сообщениями, получаемыми им от других акторов. Актор описывается множеством предложений на языке PROLOG и состоит из внутреннего состояния и сценария, задающего действия актора, выполняемые им при получении сообщения.

Средства логического программирования используются и в ЕЯ-моделях, включающих метауровень. Так, MRG (Meta-Restriction Grammar) [36] содержит метаграмматический компонент, который автоматически переписывает базовые грамматические правила в более сложные, предназначенные для обработки соединительных союзов (типа "как...так", "и", "или" и т.д.). Одно из больших преимуществ такого метаграмматического подхода состоит в том, что грамматика здесь может быть оттранслирована и скомпилирована. Это повышает эффективность анализа (1-3 с на полный анализ предложения) по сравнению с подходом типа "interrupt-driven", использующим механизм прерывания и возврата, инициируемый рас-

познаванием союзов. В этом случае правила для соединения структур генерируются по требованию, что делает невозможной сборку всей грамматики.

Как правило, системы понимания естественного языка, базирующиеся на логическом программировании, используют одни средства для синтаксического анализа (например, DCG) и другие - для семантического анализа (например, фреймы, семантические сети, выражения логики предикатов, λ -нотацию). Таким же свойством обычно обладают и средства решения обратной задачи - порождения текста.

Основная проблема при порождении текста - проблема выбора [24]. Система ЕЯ-взаимодействия должна быть способной "выбрать", какую информацию ей сообщать, когда и с использованием каких языковых средств. Такой выбор осуществляется обычно в два этапа: 1) принятие концептуальных решений (стратегический компонент системы) - построение логической формы текста; 2) принятие лингвистических решений (тактический компонент системы) - выбор грамматических и лексических средств построения выходного ЕЯ-текста. В качестве тактического средства может использоваться, например, функциональная грамматика унификации (Functional Unification Grammar), реализуемая на языке PROLOG. На вход такой грамматики поступает одна пропозиция или список пропозиций. В ходе унификации осуществляется выбор слов по словарю, выбор синтаксической структуры текста, линейаризация этой структуры.

Унификационные грамматики - одно из распространенных средств моделирования естественного языка - используются как для анализа, так и для порождения текстов [34]. Понятие унификации, впервые введенное в лингвистику в функциональных грамматиках унификации и используемое во многих других средствах описания естественного языка (Lexical Functional Grammar, Generalized Phrase Structure Grammar и др.), применимо для ре-

лизации разных традиционных лингвистических теорий. Общее в вариантах унификационных грамматик - использование сложных структур (описываемых графами или цепочками символов) типа "атрибут-значение" для представления языковых единиц и использование графовой унификации или другой подобной операции для проверки согласованности таких структур, переноса информации (например, на другие узлы графа) или объединения информации, закодированной в этих структурах. Операция графовой унификации базируется на некотором определении понятия "входить в категорию", упорядочивающего графы по общности их информационного содержания. Графы А и В унифицируемы (результат унификации - граф С) тогда и только тогда, когда С - наибольший общий граф, входящий и в категорию А, и в категорию В. Если такого графа нет, т.е. если информация, содержащаяся в А, несравнима с информацией, содержащейся в В, то унификация невыполнима.

При существующих темпах развития и изменения лингвистических теорий важны средства, априорно независимые от них. Многие модели, ориентированные на логическое программирование, обладают таким свойством. Особенно перспективным представляется подход, совмещающий средства графовой унификации с категориальными грамматиками. Такова, например, ЕЯ-модель, разрабатываемая в рамках исследовательского проекта LILOG (Linguistic and LOGical methods) [34], совместимая со многими лингвистическими стратегиями, но чаще всего используемая для развития категориальных грамматик унификации (Categorical Unification Grammar) с лексикализованной композиционной семантикой.

Процесс выделения стандартных ситуаций в тексте и в мире. Ситуации обычно описываются фреймами или сценариями [46], более сложный аппарат предлагается в ситуационной семантике Дж. Барвайса и Дж. Перри [29, 47, 48]. Ситуационная семантика - это теория классификации событий, используемая как база для описания естественного языка. Приведем основные положения ситуационной семантики.

1. Все может быть описано в терминах ситуаций. Ситуации бывают статические и динамические, реальные и абстрактные, актуальные, фактические (соответствующие реальности) и нефактические (не соответствующие реальности). Один и тот же фрагмент действительности может быть описан в терминах ситуаций более чем одним способом. Ситуации строятся из четырех базовых строительных блоков (примитивов): объектов, свойств и отношений (предикаты первого порядка), пространственно-временных локаций. На множестве последних определены отношения пересечения и следования, считающиеся абсолютными (т.е. пространственно-временные отношения рассматриваются как экстенциональные).

Для описания ситуаций строятся конечные множества примитивов, конечные множества таких множеств и т.д. Это объясняется двумя причинами: 1) интересно исследовать те границы, в пределах которых (при моделировании естественного языка) можно обойтись конечными множествами, а где надо-допустить существование бесконечных множеств; 2) поскольку человеческая память конечна, естественно ожидать, что и ситуации, воспринимаемые ею, также будут характеризоваться конечными терминами; поэтому теория языкового употребления, интерпретирующаяся в терминах конечных объектов, представляется более адекватной.

2. Ситуации гетерогенны, но могут быть похожими, т.е. существуют инварианты ситуаций, которые могут служить основаниями их классификации. Существуют субъекты, способные осуществлять такую классификацию и нуждающиеся в ней для собственного благополучия. Субъект ориентируется в мире, структурируя его на ситуации, категоризируя эти ситуации путем выделения инвариантов и настраиваясь на известные ему отношения между ситуациями - отношения означивания. Ситуация S означает ситуацию S' (S содержит информацию об S'), если существует регулярная связь между ситуациями, содержащими некоторую фиксированную конфигурацию инвариантов из S , и ситуациями, содержащими некоторую фиксированную конфигурацию инвариантов из S' . Значение воз-

никает из регулярных отношений между ситуациями. В мире существует множество таких регулярных отношений, субъект настраивается на нужные ему способом, значимым для обеспечения своего благополучия.

3. Лингвистическое значение видится внутри общей картины мира. Выражения языка есть инварианты определенных типов ситуаций произнесения. Естественные и конвенциональные знаки - различные, но однородные вещи. Например, наличие дыма (естественный знак или признак огня) так же свидетельствует об огне, как и произнесение фразы типа "идет дым" (конвенциональный знак). Информация от одной ситуации к другой может протекать разными путями. Поток информации, использующий лингвистическое значение, есть неотъемлемая часть потока информации, использующей естественное значение.

Значение элементов языка задается сложным отношением между ситуациями произнесения и другими аспектами объективной реальности - отношением, детерминированным способом использования языка в данном языковом коллективе. Знать язык - значит уметь использовать это отношение вместе с другими подходами источниками для получения и передачи информации о мире.

4. Основное назначение языка - передача информации. Информацию можно уподобить ограничениям, которые существуют между типами ситуаций. Эти ограничения замечаются субъектом только в том случае, если он настроен на их восприятие. Настройка идет через структурирование и категоризацию реальности в ходе взаимодействия воспринимающего, действующего субъекта с реальными ситуациями и событиями. Возникающая таким образом структура реальности и составляет основу замечаемых субъектом ограничений, существующих между типами ситуаций. Связанная с этой структурой способность языка классифицировать события может быть обращена обратно к языку: можно классифицировать выражения языка по тому, каким образом они классифицируют мир. Это - то самое, что делает теория значения.

Лингвистические значения выражений языка - конвенциональные ограничения на произнесения. Изучать семантику - значит пытаться выявить эти ограничения, выявить, какова природа того, что носитель языка знает, зная, что означает произнесение на его языке. Значение предложения Φ - это отношение $u[\Phi]e$ между ситуациями u , в которых Φ произнесено, и ситуациями e , описанными этими произнесениями. Это отношение ограничивает как u , так и e . Ограничения, накладываемые на u , менее доступны и долгое время не включались в область семантики, а рассматривались как часть исследований в области теории речевых актов, намерений говорящего, его знаний, верований. При изучении семантики необходимо обращать внимание на обе стороны отношения значения (u и e). Некоторые из ограничений, накладываемых на u , довольно просты, например референция посредством местоимений. Другие - сложнее. Например, говорящий не может обсуждать информацию, которую он не знает. Ограничение здесь в том, что говорящий имеет некоторую информацию. Понятие "иметь информацию" - непростое, оно сродни знанию или верованию и относится к тому, что называется установкой. Это - наиболее значимая установка.

5. Интерпретация выражения Φ есть продукт множества факторов, часть которых фиксируется только языком (лингвистическое значение Φ), а часть варьируется от употребления к употреблению (контекст использования Φ). Среди "семантических универсалий" естественного языка главное место отводится свойству эффективности, которое означает, что выражение Φ , будучи использовано разными людьми, в разных пространственно-временных локусах, может иметь разные интерпретации. Интерпретация выражения Φ , произнесенного в ситуации u , есть набор таких ситуаций e , для которых выполняется отношение $u[\Phi]e$. Интерпретация выражения Φ первична и по отношению к установлению его истинности, и по отношению к процессу снятия его неоднозначности.

6. Для описания структуры ситуаций \mathcal{M} используются следующие понятия. Последовательность составляющих $y = \langle r, x_1, \dots, x_n \rangle$, где r - n -арное отношение, x_1, \dots, x_n - имена объектов или индивидуальные переменные. Тип ситуации - экстенциональное отношение S между последовательностью составляющих $y = \langle r, x_1, \dots, x_n \rangle$ и 0 или 1, т.е. множество пар вида $\langle y, i \rangle$, где $i \in \{0, 1\}$. Положение дел есть пара $\langle l, s \rangle$, где S - тип ситуации, l - локация. Последовательность событий - множество троек $\langle y, l, i \rangle$, где l - локация, y - последовательность составляющих, $i \in \{0, 1\}$. Понятие типа события основано на введении новых, абстрактных, примитивов (ролей) A, R, L , соотносимых соответственно с множествами объектов, отношений и локаций. Тип события определяется как множество последовательностей событий, тождественных с точностью до объектов, отношений и локаций, которые в них упоминаются. Тип события - центральное понятие, позволяющее абстрагироваться от реальных событий, строить сложные иерархии событий. На множестве положений дел определяются два отношения [47]: а) " $\sigma_1 \triangleright \sigma_2$ " (" σ_1 так же сильно, как σ_2 ") , если из того, что σ_1 - факт (т.е. такое положение дел, в котором все типы ситуаций имеют второй компонент i , равный 1), следует, что и σ_2 - факт; б) " \oplus " - унификация" или "слияние"; эта операция используется для подстановки пропущенных аргументов в состоянии дел путем унификации его с таким состоянием дел, для которого аргументы известны.

На множестве утверждений (понимаемых как тройки вида $\langle d, c, \phi \rangle$, где $(d, c) = u$ - характеристики ситуации про- изнесения, ϕ - выражение естественного языка) вводятся от- ношения сильного и слабого следования. Утверждение Φ есть сильное следствие утверждения Ψ , если $[\Phi]$ - подмноже- ство $[\Psi]$, где $[\Phi] = \{e \mid u[\phi]e\}$, $[\Psi] = \{e' \mid u'[\phi']e'\}$ - интерпретации Φ и Ψ соответственно. Утверждения Φ и Ψ

сильно эквивалентны, если $[\Phi] = [\Psi]$; Φ - слабое следствие Ψ ,если Φ истинно в любой ситуационной структуре, в которой Ψ истинно. Утверждения Φ и Ψ слабо эквивалентны, если они истинны в одних и тех же ситуациях.

В [47] приводится список из 12 аксиом, которым должны удовлетворять определенные выше понятия.

7. Идеи ситуационной семантики иллюстрируются на примере искусственного языка Aliass, структурно похожего на английский язык, но не являющегося его подсистемой. Aliass использует 3 лексические категории: PS (унарные и бинарные отношения), IT (индивидуальные термы: местоимения 1-го лица; имена; переменные, функционирующие как местоимения 3-го лица), TM (временные маркеры) и 4 синтаксические категории: LRP (спецификации локаций), PrPb (спецификации свойств), NP (спецификации объектов), S (предложения). Анализатор Aliass состоит из правил, порождающих пары вида \langle синтаксическое выражение, ассоциированные с ним семантические свойства \rangle . Правила имеют вид импликаций, сопровождающихся условиями своего применения и задающих возможные в Aliass преобразования последовательностей категорий, например, "если α есть NP и π есть PrPb, то $\alpha\pi$ есть S". Условиями применимости импликаций проверяются отношения между анафорическими ссылками (которые могут обозначаться, например, посредством местоимений) и свободными переменными в α и π ; задаются соотношения между ситуацией, соответствующей $\alpha\pi$, и ситуациями, соответствующими α и π , и т.д.

В ситуационной семантике отражено то смещение акцентов, которое происходит в области моделирования ЕЯ-взаимодействия и которое можно характеризовать как переход от описаний естественного языка, отвечающих на вопрос "как устроен язык?", к описаниям, отвечающим на вопрос "как человек существует в мире посредством своего умения пользоваться языком?" Однако намечен только путь построения такого описания, которое еще далеко от

применения к какому-либо естественному языку. Помимо многочисленных чисто языковых сложностей, связанных с анализом ЕЯ-текстов, здесь возникают, например, такие вопросы:

- Каковы принципы выделения и описания ситуаций? Поскольку каждый фрагмент действительности может быть описан в терминах ситуаций многим числом способов, то каковы могут быть критерии выбора способа описания? В частности, каковы принципы описания ситуаций произнесения, как получать расширения ситуаций по мере прочтения текста и т.д.?

- Как ввести внутреннюю структуру в способ описания локаций и как на основании этой структуры построить средства абстрагирования, определенные на множестве локаций? Каковы могут быть средства установления тождества локаций (одна и та же локация, свойственная некоторой фиксированной ситуации, может быть специфицирована по-разному)? Как расширить теорию локаций на более богатые типы пространственно-временных отношений, используемые в текстах естественного языка (например, относительное, циклическое, негомогенное и т.д. время)?

- Каков может быть способ распространения ситуационного подхода на видение текстов? В одном и том же однозначном тексте можно увидеть разные структуры (разные текстовые ситуации). Все зависит от целей, знаний, внимательности и т.д. читающего этот текст. Существующие ЕЯ-модели исходят из того, что текст читается внимательно и грамматическая структура этого текста видится полностью. При реальном использовании естественного языка это не всегда так. Аналогичные ситуации невнимательности видения неязыковой действительности моделируются путем использования абстрактных ситуаций и разных способов структурирования этой действительности.

Отсутствие формальных критериев оценки и сравнения моделей ЕЯ-взаимодействия не позволяет построить их объективную классификацию. Ситуационная семантика представляется перспек-

тивным направлением, в рамках которого можно вести поиск более конкретных способов моделирования ЕЯ-взаимодействия. Целью данной статьи является построение системы, предназначенной для управления сложными процессами, протекающими в реальных условиях. Для реализации такой системы, основные свойства которой кратко описаны ниже, наиболее удобными средствами представляются: категориальные грамматики; операции, подобные графовой унификации, и грамматики, позволяющие описывать разрывные или неупорядоченные контексты (например, Gapping Grammar [13]).

3. Краткое описание проектируемой системы

Система ориентируется на выполнение трех типов функций: 1) управление физическим объектом Φ ; 2) получение справочной информации о Φ ; 3) изменение знаний о Φ .

Всякий естественный язык многофункционален. В его модели обычно выделяют какую-либо одну из функций как основную. Понимание естественного языка, на которое ориентируется данная система, близко к определению Р.М.Блакара [21]: "... наше - ваше и мое - повседневное использование языка, наша непринужденная беседа предполагает проявление власти, т.е. влияет на восприятие мира и его структурирование собеседником". Язык рассматривается не как средство описания, а как средство преобразования мира. Преобразование осуществляется через посредство партнера по диалогу (в данном случае - ЭВМ). Главная цель участника диалога - так изменить поведение своего собеседника, чтобы тот преобразовал нужным образом себя или окружающий мир. Средство изменения поведения партнера - изменение его знаний. Знания меняются через язык. Понимание текста участником диалога активно и состоит в изменении им своего поведения. Главное, что его интересует, - цель автора полученного текста, т.е. чего тот хотел добиться, произведя данный текст. Деятельность участника диало-

га в ходе естественного языкового взаимодействия есть процесс поиска способа влияния на собеседника в нужном направлении.

ЕЯ-модель ориентирована на выполнение, а не на идентификацию действий, описываемых входными текстами. Это означает, что: 1) основу описаний действий составляет указание на то, что нужно изменить в мире \mathcal{M} , моделирующем Φ (т.е. задание статических объектов из \mathcal{M} , подлежащих изменению); 2) объекты не существуют вне процедур их поиска в \mathcal{M} ; действия, производимые с объектами, вторичны, это - схемы, которые ничего не значат без объектов; 3) понимание входного текста включает в себя установление стратегии выбора объектов и выполнения действий. Базой для динамического изменяющегося мира \mathcal{M} является статический мир объектов, динамический мир \mathcal{M} - не альтернатива статическому, а надстройка над ним.

3.1. Модель мира \mathcal{M} . Физический объект Φ описывается моделью мира \mathcal{M} . Назначение мира \mathcal{M} - самоизменение, точнее, реализация процессов изменения самого себя. Эти процессы инициируются извне путем введения в \mathcal{M} запроса пользователя или диагностического сообщения системы слежения за состоянием физического мира Φ . И запрос, и диагностическое сообщение системы предварительно переводятся на язык L , доступный для мира \mathcal{M} . Пока не поступило сообщение на языке L , мир \mathcal{M} остается неизменным.

Основные составляющие \mathcal{M} - объекты. Никакой процесс преобразования \mathcal{M} не может начаться, пока не определены и не найдены объекты, участвующие в этом процессе. Так как мир \mathcal{M} ориентирован на преобразование самого себя, он должен быть прежде всего ориентирован на нахождение в себе объектов, которые нужно преобразовать. Поэтому понятие об объекте p в \mathcal{M} задается процедурой, описывающей, как найти объект и как им можно пользоваться (т.е. считается, что способы действия с объектом содержатся уже в понятии об этом объекте). Понятие об

объекте описывается выражением вида $u = p(q, d)$, где p - имя объекта, q - спецификация возможных в \mathcal{M} процедур поиска объектов, d - спецификация допустимых в \mathcal{M} действий с объектом. Процедуры из q и d могут быть недетерминированными, могут содержать параметры. Понятием об объекте p в \mathcal{M} задаются границы модификации p (перемещение в пространстве-времени или изменение способа использования p), в пределах которых мир \mathcal{M} считает p тождественным самому себе.

Понятие "тип объекта" отсутствует. Вместо этого вводятся абстрактные объекты, т.е. фактически, множества объектов. Абстрактный объект $p = \{p_1, \dots, p_n\}$ определяется тем же способом, т.е. тройкой вида $p(q, d)$, где q, d - конъюнкции соответствующих процедур для p_1, \dots, p_n . Множество объектов \mathcal{M} может изменяться в процессе преобразования \mathcal{M} .

Любой непустой набор объектов S из \mathcal{M} может образовывать ситуацию: $S = \langle p_1, \dots, p_k \rangle$. Это могут быть и сосуществующие объекты, и объекты, разделенные во времени. Ситуации строятся только по сообщению на языке L , поступившему в \mathcal{M} , и вне этого сообщения не существуют. Пока в \mathcal{M} не поступило сообщение извне, в нем нет никаких ситуаций. Если требуется сохранить некоторую ситуацию, то следует ее превратить в объект и описать соответствующим образом (в виде $u = p(q, d)$). Ситуация считается заданной, если известны описания всех входящих в нее объектов. Построить ситуацию S - значит выбрать для каждого объекта, входящего в S , одну из поставленных ему в соответствии процедур поиска.

Процесс P преобразования \mathcal{M} , описанный сообщением $\varphi \in L$, должен быть представлен в терминах конечного множества D действий, определенных на \mathcal{M} . Перевод P в систему действий из D может быть детерминирован самим сообщением φ , а может вычисляться и в некоторой логике действий, заданной на \mathcal{M} . Каждый процесс, описываемый сообщением $\varphi \in L$, или дей -

ствие из D преобразует одну ситуацию \mathcal{M} в другую и задается выражением вида $S.f(S) \rightarrow S'$, где S, S' - соответственно начальная и результирующая ситуации; f - преобразование. (Если преобразование $f \in D$, то оно называется заданным.) Выражение " S с точкой" читается как "построить ситуацию S ". После того, как действие произведено, объекты, составляющие ситуацию S , заменяются объектами, составляющими ситуацию S' .

Применение действий из D может вызывать определенные последствия в \mathcal{M} . Эти последствия описываются множеством законов \mathcal{M} , формулирующихся как отображения вида: $z: d_0 \rightarrow \{d_1, \dots, d_r\}$, где $d_0, d_1, \dots, d_r \in D$, d_0 - действие, производимое в \mathcal{M} и описанное входным выражением $\varphi \in L$, d_1, \dots, d_r - последствия этого действия - другие действия в \mathcal{M} .

3.2. Язык L . Все сообщения $\varphi \in L$ имеют вид: $S.f(S) \rightarrow S'$, где S, S' - ситуации, f - преобразование, переводящее S в S' . Некоторые из компонент S, S' или f могут быть не заданы, в этих случаях φ называется синтаксически недоопределенным сообщением. Ограничений на то, какие из компонент S, S' или f должны быть заданы, нет, т.е. \mathcal{M} должен понимать любые выражения указанного вида. Для того чтобы синтаксически выделить незаданную величину, перед ней ставится знак "?". Входной текст на естественном языке может отображаться в последовательность сообщений указанного вида.

В \mathcal{M} допускается четыре уровня понимания сообщений $\varphi \in L$. Каждый следующий уровень обеспечивает понимание и на всех более низких уровнях.

Уровень 1: проверить, доопределимо ли сообщение φ синтаксически. Такой уровень понимания обычно достаточен для вопросов, требующих ответа "да" или "нет", означающего возможность

или невозможность спецификации незаданных величин (сама же спецификация может полностью и не строиться, так как в ответ она не входит).

Уровень 2 ("справка"): синтаксически доопределить сообщение Φ , т.е. построить спецификации незаданных величин и выдать эти спецификации пользователю. Такой уровень понимания обычно достаточен для так называемых WH-вопросов (т.е. вопросов со словами "кто", "когда", "сколько" и т.д.).

Уровень 3 ("самоизменение"): выполнить преобразование f в \mathcal{M} .

Уровень 4 ("управление"): выполнить преобразование f в Φ .

По структуре предложения не всегда ясно, какой из перечисленных уровней понимания для него необходим. Например, косвенные вопросы типа "вы не знаете, который час?" по своей структуре относятся к уровню 1, а по смыслу - к уровню 2.

Переформулировка преобразования f в терминах действий из D может быть детерминирована самим сообщением Φ , а может строиться исходя из некоторой логики действий, которая предполагается заданной на \mathcal{M} . То же самое относится и к процедурам поиска объектов.

Общее количество типов запросов (учитывая уровни понимания; заданность/незаданность S, S', f ; вхождение/невхождение преобразований и процедур поиска в D) равно 64. При меры сообщений Φ (уровень понимания определяется соответствующей цифрой и отделяется двоеточием): а) $\Phi_1 = 4$: $S.f(S) \rightarrow S'$ (S, f, S' заданы) описывается таким выражением естественного языка: $\Psi_1 =$ "построить ситуацию S в Φ , применить к ней преобразование f и получить в результате ситуацию S' "; б) $\Phi_2 = 3$: $S.f(S) \rightarrow ?S'$ (S, f заданы, S' не задана) - $\Psi_2 =$ "построить ситуацию S в \mathcal{M} , применить к ней преобразование f "; в) $\Phi_3 = 3$: $?S.f(S) \rightarrow ?S'$

(S, f, S' не заданы) - $\Psi_3 =$ "произвести в \mathcal{M} хоть какое-нибудь действие"; г) $\varphi_4 = 1: ?S. ?f(S) \rightarrow ?S' - \Psi_4 =$ "существует ли хотя бы одно действие, выполнимое в \mathcal{M} ?"; д) $\varphi_5 = 2: ?S. ?f(S) \rightarrow ?S' - \Psi_5 =$ "специфицировать какое-нибудь действие, выполнимое в \mathcal{M} ".

3.3. Транслятор с естественного языка на язык \mathcal{L} . Предполагается, что в ЕЯ-тексте все должно быть представимо в терминах трех понятий: объекта, процедуры поиска объекта, действия с объектом. Из-за линейности текста такие тройки накладываются друг на друга, разрываются и т.д. Ключом к распутыванию этих переплетений служат модификаторные функции, которые специфицируют преобразования, необходимые для представления текста в терминах указанных трех понятий. Модификаторные функции априорно не заданы, они конструируются по тексту. Способ их конструирования задается специальными словами модификаторами (к их числу относятся все предлоги и союзы, а также некоторые другие единицы естественного языка). Область действия модификаторных функций - выражения вида $S.f(S) \rightarrow S'$.

Основные языковые категории таковы: \mathcal{P} - имена объектов; \mathcal{Q} - имена параметрических процедур, осуществляющих процессы поиска объектов из \mathcal{P} , \mathcal{R} - имена параметрических процедур, осуществляющих действия с объектами из \mathcal{P} ; \mathcal{M} - модификаторы. Каждая из этих категорий подразделяется на подкатегории. Принцип описания категорной принадлежности конкретных единиц естественного языка, как и в категориальных грамматиках, отражает их сочетаемость друг с другом.

Процесс перевода ЕЯ-текста в текст на языке \mathcal{L} использует грамматики, близкие к GG(Gapping Grammars) [13], и операцию графовой унификации. Правила GG-грамматики имеют вид:

$$\alpha_1 \text{gap}(x_1) \alpha_2 \text{gap}(x_2) \dots \text{gap}(x_{n-1}) \alpha_n \rightarrow \beta,$$

где $\alpha_1 \in V_N$, $\alpha_i \in V_N \cup V_T$ ($i > 1$); $x_i \in V_T^*$; $G = \{ \text{gap}(x_i) | i \in [1, n] \}$; $\beta \in V_N^* \cup V_T^* UG^*$; V_T - терминальный, V_N - нeterminальный алфавиты. Реализация процесса анализа ЕЯ-текста ориентирована на язык Σ -программирования [49]. Более подробное описание системы автор предполагает дать в следующих публикациях.

Л и т е р а т у р а

1. ПОПОВ Э.В. Общение с ЭВМ на естественном языке. - М.: Наука, 1982. - 360 с.
2. ПЕРЦОВА Н.Н. О системах понимания текста на естественном языке (современные зарубежные работы). - Новосибирск, 1980. - 46 с. - (Препринт/ВЦ СО АН СССР; № 231).
3. Обработка естественных языков. Тематический выпуск //ТИИЭР. - 1986. - №7. - 182 с.
4. ГУИДА Дж., МАУРИ Дж. Оценки производительности систем обработки естественного языка //ТИИЭР. - 1986. - №7. - С.149-176.
5. WEISHEDEL R.M., SONDHEIMER N.K. Meta-rules as a Basis for Processing Ill-Formed Input //American Journal of Computational Linguistics. - 1983. - Vol. 9, N3-4. - P. 161-177.
6. WALTZ D.L. An English Question Answering System for a Large Relational Database //Communications of the ACM. - 1978. - Vol. 21, N 7. - P. 526-539.
7. БЕЛОНОВ Г.Г., НОВОСЕЛОВ А.П. Автоматизация процессов накопления, поиска и обобщения информации. - М.: Наука, 1979. - 256 с.
8. WILKS Y.A. A Preferential Pattern-Seeking Semantics for Natural Language Inference //Artificial Intelligence. - 1975. N 6. - P. 53-74.
9. Granger R.H. The NOMAD System: Expectation-Based Detection and Correction of Errors During Understanding of Syntactically and Semantically Ill-Formed Text //American Journal of Computational Linguistics. - 1983. - Vol. 9, N 3-4. - P. 188-189.
10. GROSZ B.J., APPELT D.E., MARTIN P.A., PEREIRA Fc.N. TEAM: An Experiment in the Design of Transportable Natural-Language Interfaces //Artificial Intelligence. - 1987. - Vol. 32, N 2. - P. 173-243.

11. НАРИНЬЯНИ А.С. Лингвистические процессоры ЗАПСИБ (Часть 1 - задачи проекта). - Новосибирск, 1979. - 22 с. (Препринт/ВЦ СО АН СССР; № 199).
12. НАРИНЬЯНИ А.С. Лингвистические процессоры ЗАПСИБ (Часть II - общая схема и основные модули). - Новосибирск, 1979. - 48 с. (Препринт/ВЦ СО АН СССР; № 202).
13. SAINT-DIZIER P. An Approach to Natural-Language Semantics in Logic Programming //The Journal of Logic Programming. - 1986. - Vol. 3, N 4. - P. 329-356.
14. ЗВЕРЕВ Ю.М. Представление модели языка общения в интеллектуальной системе обучения диалогу //Математические основы систем искусственного интеллекта. - Киев, 1981. - С. 64-73.
15. МАЛЬКОВСКИЙ М.Г. Диалог с системой искусственного интеллекта. - М., 1985. - 214 с. (МГУ).
16. YOUNG S.J., PROCTOR C. UFL: an Experimental Frame Language Based on Abstract Data Types //Computational Journal. - 1986. - Vol. 29, N 4. - P. 340-347.
17. ШЕНК Р. Обработка концептуальной информации. - М.: Энергия, 1980. - 361 с.
18. ЖОРДЖЕФ М.П., ЛЭНСКИ Э.Л. Процедурные знания. //Проблемы представления знаний. Тематический выпуск ТИИЭР. - 1986. - Т. 74, № 10. - С. 101-118.
19. RICH E. User Modelling via Stereotypes //Cognitive Science. - 1979. - Vol. 3. - P. 329-345.
20. ALLEN J.F., PERRAULT C.R. Analyzing Intention in Utterances //Artificial Intelligence. - 1980. -Vol. 15. -P. 143 - 178.
21. ПАРШИН П.Б. Лингвистические методы концептуальной реконструкции //Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. - М., 1987. - С. 398-495.
22. ВАЛЬШТЕР В., КОБЗА А. Модели пользователя в диалоговых системах //Обработка естественных языков. Тематический выпуск ТИИЭР. - 1986. - Т. 74, № 7. - С. 62-76.
23. ВУДС У.А. Основные проблемы представления знаний //Проблемы представления знаний. Тематический выпуск ТИИЭР. - 1986. - Т. 74, № 10. - С. 32-46.
24. МАКЬЮИН К.Р. Порождение текста: области применения, проблемы, методы //Обработка естественных языков. Тематический выпуск ТИИЭР. - 1986. - Т.74, №7. - С. 77-85.

25. ПЕЛЛАВИН Р., АЛЛЕН Дж. Формальная логика планов в задачах, богатых временными связями // Проблемы представления знаний. Тематический выпуск ТИИЭР. - 1986. - Т. 74, № 10. - С. 79-100.
26. МОНТЕГЮ Р. Универсальная грамматика // Семантика и информатика. 1985. - № 26. - С. 105-136.
27. ФРИДМАН Дж., МОРАН Д.Б., УОРРЕН Д.С. Вычисление смыслов английских предложений в логической модели: процессуальная версия грамматики Монтегю // Формальное описание структуры естественного языка. - Новосибирск, 1980. - С. 3-19. (ЗЦ СО АН СССР).
28. ГУМБОЛЬДТ В. Избранные труды по языкознанию. - 1983. - 397 с.
29. БАРВАЙС Дж., ПЕРРИ Дж. Сцены и установки // Философия. Логика. Язык. - М., 1987. - С. 264-292.
30. Представление знаний в человеко-машинных и робототехнических системах. Том А. Фундаментальные исследования в области представления знаний. - М., 1984. - С. 262.
31. ВИНОГРАД Т. Программа, понимающая естественный язык. - М., 1986. - 294 с.
32. ГЛАДКИЙ А.В. Формальные грамматики и языки. - М., 1983. - 368 с.
33. HAUSSE R. NEWCAT: Parsing Natural Language Using Left - Associative Grammar // Lecture Notes in Computer Science. - 1986. - Vol. 231.
34. BOUMA G., KÖNIG E., USKOREIT H. A Flexible Graph-Unification Formalism and Its Application to Natural-Language processing // IBM Journal of Research and Development. - 1988. - Vol. 32, N 2. - P. 170-184.
35. UEHARA K., KAKIUCHI T., MIKAMI O., TOYODA J. Extended Prolog and Its Application to an Integrated Parser for Text Understanding // Lecture Notes in Computer Science. - 1986. - Vol. 221. - P. 214-225.
36. HIRCHMAN L. Meta-Restriction Grammar // Journal of Logic Programming. - 1986. - N 4. - P. 299-328.
37. MATSUMOTO Y. A Parallel Parsing System for Natural Language Analysis // New Generation Computing. - 1987. - N 5. - P. 63-78.
38. ПОСПЕЛОВ Д.А., СИЛЬДМЯЭ И.Я. Релевные структуры в представлении знаний и диалоговых системах // Известия АН СССР. Техн. кибернетика. - 1985. - № 5. - С. 83-89.

39. ФАЙН В.С. Распознавание образов и машинное понимание языка. - М.: Наука, 1987.
40. BABKA O. Processor for Man-Machine Natural-Language-Like Communication //Computers and Artificial Intelligence. - 1987. - Vol. 6, N 4. - P. 311-320.
41. WOODS W.A. Transition Network Grammars for Natural Language Analysis //Communications of the ACM. - 1970.-Vol.13, N 10. - P. 591-606.
42. PEREIRA Fc.N., WARREN D.D. Definite Clause Grammar for Language Analysis. A Servey of the Formalism and a Comparison with Augmented Transition Networks //Artificial Intelligence.- 1980. - N 13. - P. 231-278.
43. MILLER D.A., NADATHUR G. Some Uses of Higher-Order Logic in Computational Linguistics //Proceeding of the 24th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Columbia University, 10-13 June. - 1986.
44. HEWITT C. Viewing Control Structures as Patterns of Passing Messages //Artificial Intelligence. - 1977. - N 8. - P. 323-364.
45. KAY M. Parsing in Functional Unification Grammar // Natural Language Parsing. - Cambridge: Dowty L., Karttunen L., Zwicky A. - 1985.
46. Категории искусственного интеллекта в лингвистической семантике. Фреймы и сценарии //АН СССР. Ин-т научной инф. по обществ. наукам. - М., 1987.- 55 с.
47. BARWISE J. Situations, Sets and the Axiom of Foundation //Logic Colloquium`84. Studies in Logic and the Foundations of Mathematics. - 1984. -Vol. 120. - P. 21-36.
48. BARWISE J., PERRY J. Situations and Attitudes.-Cambridge: MIT press, 1983. - 352 p.
49. ГОНЧАРОВ С.С. , СВИРИДЕНКО Д.И. Σ-программирование //Логико-математические основы проблемы МОЗ. - Новосибирск. - 1985. - Вып. 107: Вычислительные системы. - С. 3-29.

Поступила в ред.-изд.отд.

31 августа 1988 года