

ПАРТНЕРСКИЕ СИСТЕМЫ

Н.Г.Загоруйко

В в е д е н и е

Системы Искусственного Интеллекта в своем развитии должны пройти три условные стадии своего развития. На первой стадии они представляют собой системы с интеллектом пассивного ассистента-пользователя: они располагают только теми знаниями, которые были получены от экспертов, переработаны "инженерами знаний" и введены в память системы (в Базу Знаний) в удобном для машины виде. Система способна манипулировать этими знаниями, имитируя процесс логического вывода, и выдавать ответы на запросы пользователя. При этом система не имеет механизмов, которые побуждали бы ее критически оценивать вводимые в ее память знания, обнаруживать в них противоречия и пробелы, инициировать вопросы к хозяину системы, обращая его внимание на несовершенство Базы Знаний. Пассивность системы-ассистента обнаруживается и в том, что она не пытается обнаружить новые знания из данных, которые накапливаются в ее памяти в ходе работы, и не выдает пользователю по своей инициативе никакой информации, например, о появлении новых закономерностей, об устаревании какой-то части прежних знаний.

Именно такими свойствами обладают Экспертные Системы первого поколения. Дальнейшее развитие Интеллектуальных Систем направлено на снятие указанных ограничений и превращения систем

в активных интеллектуальных партнеров пользователя, т.е. в Партнерские Системы. Наряду со знаниями экспертов, вводимыми "инженерами знаний", Партнерские Системы будут иметь средства самостоятельного извлечения знаний из данных, поступающих в систему в ходе ее создания и эксплуатации. На этом основании Партнерские Системы будут способны обнаруживать противоречия между имеющимися и вновь поступающими знаниями и данными, обнаруживать в них ошибки и пробелы и обращаться по своей инициативе к пользователю с сообщениями по поводу этих дефектов в информационной базе. Кроме того, Партнерские Системы должны иметь более удобные средства общения с пользователем, которые повышали бы "дружественность" Партнерских Систем.

Следующий этап развития Интеллектуальных Систем должен привести к появлению таких систем, которые по отношению к пользователю могли бы выступать в качестве учителя или лидера, т.е. к появлению Систем-Лидеров. Эти системы будут в состоянии накапливать знания, получая их в ходе непосредственного диалога с экспертом без вмешательства "инженера знаний", извлекая их из книг и статей, из данных экспериментов, в том числе проводимых под управлением Систем-Лидеров. Такая Система должна уметь строить модель прикладной области, модель своего пользователя (ученика) и модель самой себя, чтобы оптимизировать процесс взаимодействия с учеником при формировании модели изучаемого мира в его сознании.

По понятным причинам сейчас нет смысла пытаться строить более детальные предположения о свойствах и функциях Лидерских Систем. Что же касается Партнерских Систем, то их особенности по сравнению с Экспертными Системами целесообразно указать уже сейчас, так как работа над Партнерскими Системами начинается во многих коллективах и было бы хорошо в самом начале этих работ сформулировать в явном виде их цели. Ниже приводится описание характеристик Партнерской Системы, которая разрабатывается

коллективом, объединяющим сотрудников Института математики СО АН СССР и Международной Советско-Болгарской Лаборатории Интеллектуальных Систем (СИНТЕЛ). Одно из первых приложений этой системы предполагается сделать для исследований и разработок в области речевой технологии. В разработке этой специфичной части Партнерской Системы участвуют представители Новосибирского университета, Института технической кибернетики АН БССР и Института технической кибернетики Словацкой Академии наук (г.Братислава).

1. Отличительные характеристики Экспертных и Партнерских Систем

Приведем сводную таблицу характеристик Экспертных и Партнерских Систем и расшифруем закодированные в ней обозначения (см. табл.1)

1. Базы Знаний Экспертных Систем включают в себя знания, представленные в какой-нибудь одной форме: в виде продукций, фреймов или семантических сетей. Базы Знаний Партнерских Систем должны иметь возможность работать с любой из этих форм представления знаний и дополнительно включать в себя знания в форме программ, имитирующих поведение изучаемого или управляемого объекта в динамике при разных входных воздействиях на него.

2. Если в Экспертных Системах единственным источником знаний являются экспертные суждения, то Партнерские должны иметь средства получения знаний и из данных, представленных в виде статистических или экспериментальных таблиц.

3. При извлечении знаний для Экспертных систем приходится прибегать к помощи так называемого "инженера знаний". В Партнерских помимо этого можно использовать также программы для автоматического обнаружения закономерностей (знаний), скрытых в Базе Знаний.

4. Экспертные Системы обычно не имеют Базы Знаний (БЗ). Партнерские будут иметь Базы Данных (БД), в частности такие, в которых данные представлены в форме "трехходовых таблиц" типа "объект-признак-время". Элементарной частью данных является выражение типа "У объекта $A(i)$ признак $X(j)$ в момент времени $T(t)$ имеет значение $Q(ijt)$. Достоверность этого факта равна P " или короче: $\{A(i), X(j), T(t), Q, P\}$.

5. В отличие от Экспертной Системы, пользующейся одним (дедуктивным) способом логического вывода, например, способом, заданным в языке "Пролог", Партнерская должна обладать помимо этого средствами индуктивного вывода, имитирующими рассуждение по аналогии, и другими средствами вывода (например, немонотонными рассуждениями).

6. Диалог Экспертной Системы включает в себя термины прикладной области, используемые в форме меню или фраз жесткой конструкции. Партнерские Системы должны быть оснащены лингвистическими процессорами, способными понимать высказывания на проблемно-ориентированном естественном языке.

7. Удобным для пользователя средством общения с системой был бы устный диалог. Это позволило бы общаться с Партнерской Системой по телефону и открыло бы новые области применения Систем Искусственного интеллекта, например в области обучения.

8. Важной функцией Партнерской Системы, способной облегчить наполнение БЗ, будет способность автоматического обнаружения противоречий между знаниями, уже имеющимися в БЗ, и новыми знаниями, поступающими от экспертов или от программ автоматического извлечения знаний из данных.

9. Аналогичное назначение должны иметь средства автоматического обнаружения грубых ошибок в Базе Данных Партнерской Системы. В том и другом случае Система по своей инициативе должна информировать пользователя об обнаруженных ошибках и предлагать варианты разрешения противоречий или исправления ошибок.

Т а б л и ц а 1

Характеристики	Экспертная система	Партнерская система
Типы Баз Знаний	продукция, фремы, семантические сети	библиотека, имитационные модели
Источники знаний	эксперты	эксперты, базы данных
Способы извлечения знаний	"инженер знаний"	"инженер знаний", автоматическое обнаружение из БЗ
Наличие Базы Данных	-	+
Стратегия логического вывода	фиксированный (дедуктивный) способ	набор (дедуктивный, индуктивный, немотонные рассуждения)
Язык общения с пользователем	проблемный язык	проблемно-ориентированный естественный язык
Устный диалог	-	Ограниченный словарь
Обнаружение противоречий в БЗ	-	+
Обнаружение ошибок в БД	-	+
Заполнение пробелов в БД	-	+
Модель предметной области	-	совместно
Модель пользователя	-	адаптация
Вид результата	рецепт	гипотеза

10. Партнерская Система должна иметь также средства автоматического прогнозирования значений величин, отсутствующих в БД (средства заполнения пробелов).

11. Партнерская Система должна включать в свой состав программы, которые позволяли бы ей совместно с партнером-пользователем строить модель изучаемого объекта или предметной области.

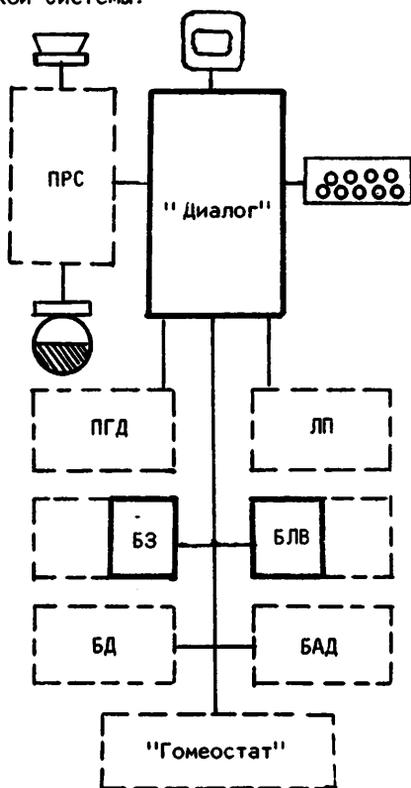
12. Отсутствующая в Экспертной Системе модель пользователя будет необходима Партнерской для планирования своего взаимодействия с ним. На первых порах эта модель может быть представлена программами адаптации системы к особенностям взаимодействия с ней данного конкретного пользователя (выявлением часто повторяющихся вопросов, часто решаемых им задач).

13. Если Экспертная Система выдает ответ на запрос пользователя в виде конкретного варианта действия или значения запрашиваемой величины, то Партнерская дополнительно должна вырабатывать гипотезы о возможных последствиях принимаемых решений, о намечающихся новых тенденциях и закономерностях.

Нельзя строго обосновать необходимость каждой из указанных характеристик Партнерской Системы, так же как и достаточность их совокупности. Выбор именно этих свойств Системы и их интерпретация были сделаны на основании представлений автора о том, при каких условиях Интеллектуальная Система из умного, но пассивного ассистента превращается в разумного и активного партнера пользователя, решающего задачи планирования, проектирования, прогнозирования, распознавания или принятия других решений. Кроме того, дополнительным ограничивающим фактором служили представления о том, какие результаты в области искусственного интеллекта можно ожидать в ближайшие 5-7 лет.

2. Состояние отдельных подсистем Partnerской Системы

Основой для разработки ряда подсистем Partnerской Системы могут служить результаты, имеющиеся сейчас в области методов обнаружения закономерностей, распознавания образов, анализа данных, математической лингвистики, а также опыт создания и использования Экспертных Систем. Отметим некоторые из этих предпосылок, опираясь на один из возможных вариантов блок-схем Partnerской Системы (см. рисунок). На этой схеме жирной линией показаны блоки Экспертной Системы, а пунктиром - блоки Partnerской Системы.



2.1. Блок диалога.

Этот блок включает в себя подсистему генерации диалога (ПГД) для новой предметной области, лингвистический процессор (ЛП) и подсистему речевой связи (ПРС).

Основу подсистемы генерации диалога составляет программа [1], которая в диалоге с пользователем-непрограммистом выясняет терминологию новой предметной области, формирует набор сообщений в "меню", определяет желаемую форму выходных сообщений. С помощью этой

же программы можно вносить изменения в сценарий уже соответствующего диалога.

В качестве прообраза лингвистического процессора может быть использована, например, система, построенная на базе языка ДЕKL [2]. Эта система может анализировать фразы естественного языка и строить соответствующие их семантическому содержанию сетевые структуры. Система задает пользователю вопросы, касающиеся новых для нее слов и отношений. В итоге она становится способной понимать смысл сообщений, формулируемых в естественной форме и синтезировать осмысленные фразы, касающиеся предметной области.

Для создания подсистемы речевой связи можно использовать программно-аппаратный комплекс для распознавания речевых сообщений [3] и систему синтеза речи [4]. Такой комплекс позволит распознавать в реальном масштабе времени 200-300 устных команд при подстройке под диктора с надежностью >98%. При словаре в несколько десятков слов высокая надежность достигается и без подстройки под диктора. Синтезатор форматного типа может воспроизводить речевое сообщение произвольного содержания с высокой разборчивостью и приемлемой натуральностью речи. Сейчас ведутся работы, позволяющие рассчитывать в будущем на снятие многих ограничений, присущих современным системам распознавания и синтеза речи. Однако и современные характеристики этих систем позволяют использовать их для улучшения диалога с пользователем и для расширения сфер возможного применения Экспертных и Партнерских Систем.

2.2. Блок логического вывода (БЛВ). Если знания в БЗ представлены в форме продукций типа "Если..., то...", то при сравнении двух продукций, например средствами языка "Пролог", условия (левые части продукций) или следствия (их правые части) проверяются на точное совпадение. Очевидно, что возможности логического вывода были бы существенно большими, если бы можно было использовать информацию не только о совпадающих частях продукций, но и о "близких", "похожих" частях. В работе [5]

предложен метод, позволяющий измерять степень похожести одной продукции на другую. Благодаря этому удалось построить механизм логического вывода, который имитирует человеческие способы рассуждений по аналогии.

Кроме того, упомянутая мера близости между знаниями позволяет применить методы таксономии (группировки) содержимого Базы Знаний. На таком структурированном множестве знаний в процессе логического вывода вначале находится нужный таксон знаний, а затем все процедуры вывода делаются только на знаниях этого таксона. Такой прием существенно ускоряет процесс логического вывода.

Помимо этих уже имеющихся методов вывода в Партнерской Системе должны быть представлены и другие методы, как, например, индуктивные или так называемые "немонотонные" [6].

2.3. Блок анализа данных. В Блоке Анализа Данных (БАД) сосредоточены программы обработки больших массивов информации, представленной в упомянутой выше форме трехходовых таблиц типа "объект-свойство-время". Основу Блока Анализа Данных составляют программы пакета прикладных программ ОТЭКС [7]. Пакет содержит программы для решения задач четырех основных типов: таксономии, выбора информативных признаков, распознавания образов и заполнения пробелов.

Программы таксономии позволяют делать группировку (классификацию) наблюдаемых объектов по похожести их характеристик. Таксоны могут иметь как сферическую, так и произвольную форму. Признаки могут быть качественными, порядковыми и количественными. Имеются критерии для выбора наиболее предпочтительного числа таксонов.

Программы выбора признаков позволяют выделить наиболее информативное подмножество признаков из их исходного множества. Признаки могут быть разнотипными. Допускаются пробелы в таблицах данных.

Программы распознавания позволяют в процессе обучения обнаруживать закономерные связи между характеристиками объектов и их принадлежностью к тому или иному образу. Эти закономерности используются затем в процессе распознавания новых объектов. Среди этих программ следует особо отметить программы построения логических решающих правил. Они обнаруживают закономерности в виде высказываний типа "Если..., то...". В Partnerской Системе это дает возможность автоматически получать знания из данных и пополнять ими Базу Знаний.

Программы заполнения пробелов предназначены для предсказания наиболее правдоподобного значения пропущенных элементов в таблицах данных. При этом используются закономерности, обнаруживаемые на данных, содержащихся в таблицах. Исходные данные могут содержать разнотипные признаки. Можно использовать эти программы и для автоматического обнаружения грубых ошибок в таблицах данных. Разработаны также методы применения этих программ и для решения задач продолжения динамических рядов.

2.4. Блок "Гомеостата". В свободное от обслуживания пользователя время Partnerская Система с помощью блока "Гомеостат" [1] анализирует вновь поступившие данные и знания, проверяет их на непротиворечивость, заполняет пробелы в данных, выявляет устаревшие и продублированные данные и знания и удаляет их в архив. При обнаружении новых закономерностей Система вырабатывает сообщение пользователю, а при обнаружении противоречия или грубой ошибки формулирует ему соответствующие вопросы. Это делается, в основном, программами пакета ОТЭКС с использованием упомянутой выше метрики в пространстве знаний.

Помимо этого "Гомеостат" должен анализировать содержание сеансов работы с пользователем, выявляя часто повторяющиеся вопросы и строя на этой основе упрощенную модель данного пользователя.

В настоящее время большая часть описанных функций реали - зована в Инструментальной системе ЭКОНА [1], на базе которой ведется разработка первого варианта Партнерской Системы ОБЗОР.

3. Партнерская система ОБЗОР для речевой технологии

Партнерская Система ОБЗОР предназначена для информацион - ной поддержки исследований и разработок в области речевой тех - нологии. Опишем кратко эту область.

Речевая коммуникация является наиболее распространенным средством общения людей. Развитие технических систем, обладаю - щих искусственным интеллектом, неизбежно потребует создания средств общения человека с машиной в наиболее удобной для него устной форме. Ущербность систем Искусственного Интеллекта, не обладающих средствами устного диалога, легко понять, если пред - ставить себе человеческое общество, в котором все люди лишены речи и слуха. Средства речевой технологии должны открыть воз - можности для общения с машиной широкому кругу непрофессиональ - ных пользователей, для диалога с машиной по телефону, для ав - томатического управления сложными техническими и организацион - ными системами в стрессовых ситуациях, для обучения иностран - ным языкам, для устного синхронного перевода и т.д. По прог - нозам американских экспертов рынок средств речевой технологии будет развиваться темпами, обгоняющими темпы роста рынка вычи - слительной техники, и оценивается в начале 90-х годов в не - сколько миллиардов долларов в год.

Исследованиями различных аспектов речевой коммуникации за - нимаются тысячи зарубежных организаций. Только в США этим за - нято более 10 тыс. человек.

Каковы основные практические результаты зарубежных уче - ных? Убедительно подтвержденными можно считать следующие при - кладные результаты. При подстройке под диктора системы распоз - нывания работают в реальном времени со следующими объемами сло -

варя (W) и надежностью (P):

W = 10-50 слов; P > 99%;

W = 100-300 слов; P > 98%.

Без подстройки под диктора: W = 10-50 слов; P > 95%. Имеются синтезаторы с приемлемой для практики надежностью при средней натуральности звучания типа "текст-речь" без ограничения на словарь для английской, французской, японской, немецкой, итальянской, венгерской, чешской, словацкой речи и эсперанто.

Описаны в литературе лабораторные системы, работающие с задержкой во времени без подстройки под диктора и с параметрами W > 500 слов, P > 92%. Опубликованы данные о лабораторных дикторонезависимых системах IBM и CMU, которые работают с параметрами W = 997 слов, P = 95,7% (CMU) и W = 20000 слов, P = 90% (IBM).

Несмотря на очевидные успехи исследователей, практическое применение речевых систем находится всюду пока в зачаточном состоянии. Синтезаторы речи используются для объявлений в аэропортах, в говорящих часах, в системах оповещения о неисправностях или опасности в автомобилях, в ракетах, электростанциях. Распознающие устройства применяются для сортировки посылок на почтовом конвейере, для управления хирургическим микроскопом, для узнавания человека по голосу в системах санкционирования доступа к БД и БЗ. Проходят испытания речевые системы в других областях, например, в управлении самолетом с помощью устных команд. Более широкому применению мешают недостаточное техническое совершенство этих систем и психологическая предубежденность потенциальных пользователей. На преодоление этих факторов направлены сейчас большие усилия разработчиков речевых систем и посреднических фирм.

Советские исследователи речевых сигналов занимали ведущие позиции в мире вплоть до начала 70-х годов. В это время зару-

бежные фирмы поняли перспективность этого направления для вычислительной техники и начали вкладывать в исследования и разработки большие средства, что позволило им выйти на передовые мировые позиции.

В СССР сейчас речевыми исследованиями занимаются группы в более чем 150 организациях различного профиля: акустике, фонетике, лингвистике, психологии, физиологии, математике, программировании, электронике. Однако несмотря на высокую активность в этой области, ожидания исследователей на скорое получение больших практических результатов постоянно не сбываются. Показательны в этом плане результаты трех экспертных опросов, проведенных Институтом математики СО АН СССР. В 1967, 1977 и 1988 годах специалисты-речевики Союза высказали свое мнение о состоянии и путях дальнейших исследований в области речевой технологии (см. табл. 2). Среди вопросов был и такой: когда будут созданы устройства, распознающие речь любого диктора с надежностью >98% при словаре 20, 200, 2000 изолированных слов и слитную речь на базе словаря в 2000 слов?

Т а б л и ц а 2

Год опроса	Изолированные слова			Слитная речь
	20	200	2000	
1967	1969	1971	1977	-
1977	1980	1984	1988	1994
1988	1993	2000	2008	2029

Мнения экспертов 1967 года оказались удивительно оптимистичными. Прошло 10 лет, их прогнозы не оправдались, и, наученные горьким опытом, они стали более ос-

торожными, но снова оказались далекими от истины. Не исключено, что такая же участь ждет и прогноз 1988 года, если мы не пойдем причину этого странного явления.

По-видимому, она кроется в следующем. Проблема речевой технологии находится в фокусе целого ряда научных дисциплин, развивающихся независимо друг от друга: акустики, физиологии,

психологии, фонетики, лингвистики, электроники, математики, искусственного интеллекта. В результате разработчик речевых систем оказывается перед необходимостью найти, понять и суметь воспользоваться необъятным для него объемом знаний, разбросанных по ведомственным журналам, написанных на узкопрофессиональном жаргоне, изложенных в неконструктивной форме. Вынужденные попытки пользоваться вместо профессиональных знаний своими упрощенными представлениями о них кончаются постоянными неудачами.

Очевидно, выход возможен лишь на следующем пути: создать систему такой информационной поддержки, которая давала бы возможность разработчику речевых устройств без особого труда находить и использовать любые нужные знания, уже полученные в соответствующих научных направлениях. Для этого все такие сведения нужно систематизировать, привести в конструктивную форму, собрать в одном хранилище и дать средства для их удобного поиска, вызова, комбинирования в имитационных моделях и испытания моделей по адекватной методике и на едином для всех речевом материале. Следовательно, речь идет о создании Партнерской Системы с большими Базами Данных и Знаний о речи (Партнерская Система ОБЗОР - от слов Объединенная База Знаний О Речи).

В БД накапливаются записи речевых сигналов многих дикторов, читающих тексты разнообразного содержания. В этих текстах должны быть представлены все возможные сочетания двух соседних фонем. Длительность записи каждого диктора 15-20 минут. Оцифрованные сигналы должны сопровождаться метками границ фонем, дифонов, слогов, морфем, слов и фраз. Общий объем памяти для хранения такой БД должен быть порядка 1 гигабайта.

База Знаний должна содержать знания о процессах обработки, распознавания и понимания речевого сообщения на всех иерархических уровнях восприятия речи - от первичной обработки акустического сигнала до выбора реакции на прагматическом уровне.

Для целей синтеза необходимо накапливать знания о механизмах преобразования прагматического замысла в акустический сигнал речевого сообщения. Наиболее предпочтительная форма представления знаний - работающая программа, имитирующая то или иное преобразование в тракте восприятия или синтеза речи. Наряду с программами накапливаются знания и в менее конструктивной форме, например, в виде правил чтения динамических спектрограмм по "дескрипторам" типа "шум", "пауза", "подъем форманты" и т.д. После того, как удастся построить программы автоматического определения этих дескрипторов, такие знания можно будет использовать для моделирования автоматических устройств распознавания речи.

Объем требуемых знаний столь велик, что на "ручную" отладку БЗ рассчитывать не приходится. Отсюда вытекает требование иметь в Партнерской Системе средства автоматического обнаружения противоречий БЗ. Помимо знаний, специфичных для речи, в Партнерской Системе должны иметься знания (программы) универсального характера, такие как программы таксономии, выбора информативного подмножества признаков, обучения марковских автоматов и т.д. Эти программы хранятся в блоке анализа Системы.

Языковые средства Системы должны позволять пользователю непрограммисту легко комбинировать имеющиеся программы в ту или иную речевую систему и проверять ее работоспособность на любой части речевого сигнала, хранящегося в БД.

З а к л ю ч е н и е

Создание высокоинтеллектуальных систем информационной поддержки необходимо для ускорения исследований и разработок в сложных научно-технических областях. Партнерские Системы будут служить основой для объединения наиболее существенных результатов в области искусственного интеллекта. Опыт, накопленный в разработках Экспертных Систем и в исследованиях проблем распо-

знавания образов, логического вывода, принятия решений и других близких направлениях, позволяет рассчитывать на появление Партнерских Систем в ближайшие 5-7 лет.

Л и т е р а т у р а

1. БУШУЕВ М.В., ЗАГОРУЙКО Н.Г. Инструментальная экспертная система "ЭКСНА" //Тр. Международного симпозиума "Экспертные системы в обучении". Прага, Технический Университет.-1989. - С. 26-32.
2. КУЗНЕЦОВ И.П. Язык декларативного типа ДЕKL. -М.: Наука, 1986.
3. ВЕЛИЧКО В.М., ЗАГОРУЙКО Н.Г. Автоматическое распознавание ограниченного набора устных команд //Вычислительные системы. - Новосибирск. - 1968. -Вып. 35. -С. 101-109.
4. КУЧЕРЕНКО А.Н., ЛОБАНОВ Б.М. Синтез речи в системах массового обслуживания. -М.: Радио и связь, 1983. - 208 с.
5. ЗАГОРУЙКО Н.Г., БУШУЕВ М.В. Меры расстояния в пространстве знаний //Анализ данных в экспертных системах. - Новосибирск, 1986. - Вып. 117: Вычислительные системы. -С. 24-35.
6. Artificial Intelligence. - 1980. -Vol. 13. - 198 p.
7. ЗАГОРУЙКО Н.Г., ЁЛКИНА В.Н., ЕМЕЛЬЯНОВ С.В. Пакет прикладных программ ОТЕКС. - М.: Финансы и статистика, 1986.-160 с.

Поступила в ред.-изд.отд.

19 марта 1990 года