

Методы и технологии принятия решений

Лекция 7

ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И ЕЕ СВЯЗЬ С ПРИНЯТИЕМ РЕШЕНИЙ

Содержание лекции - 1

- Этапы переработки информации, типы памяти
- Модель памяти
- Кратковременная память
 - Три этапа переработки информации в кратковременной памяти
 - Кодирование
 - Хранение
 - Магическое число
 - Денежный насос
 - Последовательная обработка информации
 - Извлечение
 - Магическое число
- **Дескриптивные исследования многокритериальных проблем**
 - Прослеживание процесса принятия решений
 - Результаты дескриптивных исследований
- Долговременная память
 - Кодирование
 - Хранение
 - Извлечение
- Рабочая память

Содержание лекции - 2

- Психологические теории человеческого поведения при принятии решений
 - Теория поиска доминантной структуры
 - Теория конструирования стратегий
- Исследование возможностей человека в задачах классификации многомерных объектов
 - Схема экспериментов
 - Параметры, используемые для оценки поведения испытуемых в задачах классификации
 - Описание экспериментов
 - Результаты экспериментов
 - Обсуждение результатов первой серии экспериментов
 - Анализ и обсуждение результатов второй серии экспериментов
 - Общее обсуждение
- Выводы

Теория и методы принятия решений

Формальные
методы

Дескриптивные методы

Исследование операций

Экономика

Когнитивная
психология

Зоология

Искусственный
интеллект

Информатика и
вычислительная
техника

Нейрофизиология

Теория и методы принятия решений

Формальные
методы

Дескриптивные методы

Исследования
в области операций



Экономика



Когнитивная
психология

Зоология

Искусственный
интеллект



Информатика и
вычислительная
техника

Нейрофизиология



1. Этапы переработки информации, типы памяти

- ❑ Рассмотрим одну из наиболее актуальных и важных проблем в принятии решений — проблему организации человеческой системы переработки информации. И понимание мира, и ощущение себя как личности связано с человеческой системой переработки информации. Эту систему на разных уровнях изучают представители разных научных дисциплин. Мы будем говорить здесь в первую очередь о психологии.
- ❑ Психологию можно определить как научное изучение поведения и умственных процессов человека. Психология охватывает широкий спектр проблем: от психофизиологии до социальной психологии.
- ❑ Изучением человеческой системы переработки информации занимается когнитивная психология. Множество экспериментов, выполненных психологами в разных странах мира за последние десятилетия, позволили получить массу интересных сведений о восприятии, о памяти, о работе человеческого мозга. Мы выделим те результаты, которые непосредственно относятся к проблеме принятия решений человеком.

1. Этапы переработки информации, типы памяти

- ❑ Принято различать три основных этапа переработки информации в памяти:
 - ❑ получение информации из внешнего мира (кодирование),
 - ❑ сохранение информации в памяти (хранение)
 - ❑ получение информации из памяти (извлечение).

1. Этапы переработки информации, типы памяти

□ Принято различать три основных этапа переработки информации в памяти:

- получение информации из внешнего мира (кодирование),
- сохранение информации в памяти (хранение)
- получение информации из памяти (извлечение).

Например, вы видите удивительно красивую радугу и запоминаете это явление (кодирование). Через некоторое время (хранение) вы рассказываете об этом явлении другим людям (извл



1. Этапы переработки информации, типы памяти

- ❑ Психологи выделяют разные типы памяти для хранения информации в течение короткого и длительного периодов времени:
 - ❑ кратковременную память (КП)
 - ❑ долговременную память (ДП).

- ❑ Далее мы остановимся на этих типах памяти подробнее. Кроме того, различают также память для хранения разной по характеру информации (факты или умения). Например, навыки управления автомобилем хранятся в иной части памяти, чем формальное знание правил дорожного движения. Есть данные, что эти два типа знаний об окружающем мире находятся в разных частях головного мозга.

2. Модель памяти

- ❑ Интересной и правдоподобной является модель памяти, предложенная Р. Актинсоном и Р. Шифриным . Достоинством этой модели является то, что она хорошо объясняет экспериментальные результаты по решению человеком задач переработки информации. Согласно этой модели, существуют три вида памяти:
 - сенсорная,
 - кратковременная
 - долговременная.
- ❑ Виды памяти различаются временем удержания и объемом запоминаемого материала, способом кодирования и уровнем организации хранимой информации. Информация из внешнего мира поступает в сенсорные регистры, где хранится около трети секунды. Далее она поступает в кратковременную память, где подвергается кодированию и может храниться до 30 с (а при повторениях — существенно больше). Без повторений информация или вытесняется другой информацией, или угасает. Через КП информация может поступать в долговременную память. Последнюю можно представить себе как неограниченное по объему хранилище, в котором информация может храниться сколь угодно долго.
- ❑ Эта модель, как и ряд других, возникла на базе так называемой компьютерной метафоры, которая проводит параллель между устройством компьютера (ввод информации, оперативная память, запоминающие устройства) и устройством человеческой системы переработки информации.
- ❑ Несмотря на простоту компьютерной метафоры, она оказалась удивительно удачной для объяснения результатов различных психологических экспериментов.

3. Кратковременная память

По мнению большинства психологов, именно в кратковременной памяти человека происходят процессы принятия решений. В соответствии с моделью в кратковременную память поступает информации как из внешнего окружения (через сенсорную память), так и из долговременной памяти. Содержание кратковременной памяти иногда отождествляется с содержанием сознания, так как человек контролирует операции над информацией, хранимой в кратковременной памяти.

3.1. Три этапа переработки информации в кратковременной памяти

Мы подробно остановимся на переработке информации в кратковременной памяти как на проблеме, крайне важной для принятия решений. Существует много интересных экспериментов и фактов, характеризующих три основных этапа переработки информации в КП:

- кодирование,
- хранение,
- извлечение.

3.2. Кодирование

Как человек кодирует информацию? Пусть вам показывают лист бумаги, на котором написана фамилия: Иванов. Что вы запомнили — написание букв или их произношение?

3.2. Кодирование

Как человек кодирует информацию? Пусть вам показывают лист бумаги, на котором написана фамилия: Иванов. Что вы запомнили — написание букв или их произношение?

- ❑ Исследования показывают, что мы чаще всего запоминаем звуки, соответствующие буквам, т.е. используем при запоминании вербального материала акустическое кодирование. Опишем некоторые эксперименты, на которых основано это утверждение. В экспериментах испытуемым показывали последовательность из шести букв (например, БРЛМКС) в течение 1-2 с. Затем субъект должен был через некоторое время вспомнить эту последовательность. Оказалось, что неправильно воспроизведенная буква была по звучанию близка к правильной (например, с-з, б-п).
- ❑ Интересный эксперимент осуществил профессор Г.Саймон с китайскими студентами. Китайцы вместо букв используют иероглифы, причем несколько иероглифов могут иметь одинаковое название. Когда китайцам показывали на короткое время последовательность иероглифов, они затем воспроизводили правильно шесть из них (в среднем), если иероглифы назывались по-разному, и только три, если названия были одинаковые (и, следовательно, не могли быть кодированы по-разному акустически).

3.2. Кодирование

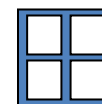
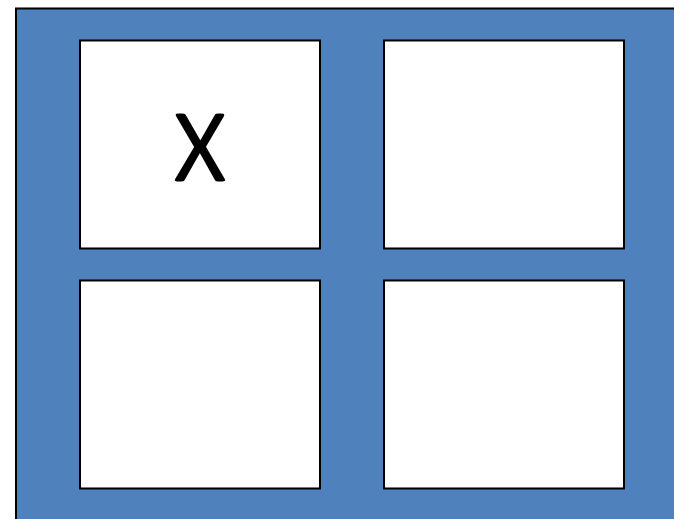
Кодирование информации: неявное запоминание последовательностей.

Неявное запоминание последовательностей

- (e.g. Nissen & Bullemer, 1987, Curren & Keele, 1993, and a hundreded others)

– Задача на время реакции

- The task was to hit the key (corresponding to where the “X” appeared) as fast as possible.
- Unknown to participants, the appearance was based on an underlying sequence (8-12 items long)
- Over time, people might get faster due to anticipation of this sequence
- The question is, would the improvement be accompanied by explicit knowledge of the sequence?

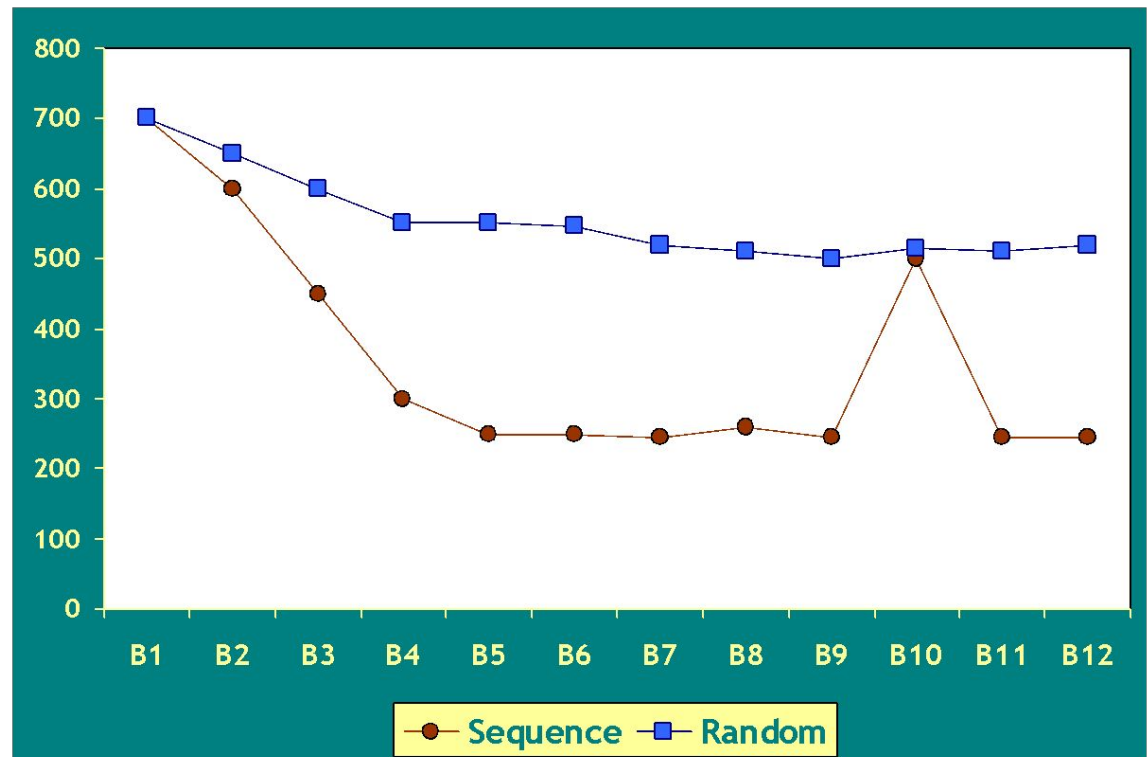


Response key pad

Неявное запоминание последовательностей

- Sequence Learning
 - Serial reaction time task – approx. findings

- In many cases, the sequence group were unable to report the sequence, despite vast improvements in RT
- Seemed to have something to do with the complexity of the sequence, and the length of practice



3.3. Хранение

- ❑ Важнейшей характеристикой кратковременной памяти является ее объем, определяемый количеством одновременно сохраняемых в ней элементов. Основным выводом, к которому приходят авторы различных работ, заключается в том, что объем кратковременной памяти ограничен.
- ❑ Многочисленные эксперименты по изучению возможности человека перерабатывать информацию и различать уровни измерения стимулов (интенсивности звука, оттенков цвета и т.п.) обобщены в знаменитой статье Дж. Миллера о «магическом числе 7 ± 2 ». В этой статье на большом фактическом материале сделан вывод, что пропускная способность человека как измерительного устройства ограничена. Так, например, при различении звуковых тонов нельзя давать испытуемому более шести тонов, если мы хотим, чтобы он не ошибался.
- ❑ Миллер определил предел пропускной способности человека числом $1+2$ бинарных единиц (битов). В экспериментах удалось определить также объем непосредственной (КП) памяти человека через число запоминаемых отрезков информации. Дж. Миллер назвал запоминаемый отрезок информации чанком (chunk). Количество чанков в самых разных экспериментах не превышало числа 7 ± 2 , причем чанком может быть как буква, так и фраза — нечто, воспринимаемое испытуемым как один смысловой образ. Так, машинистка запоминает при перепечатывании текста с незнакомыми словами не более семи букв. В иных задачах на запоминание чанк может быть сложным смысловым образом.
- ❑ Подробно вопрос о размере чанка исследовал на себе Г. Саймон путем запоминания слов и фраз, имеющих различное смысловое содержание и находящихся в различной связи. Полученные результаты подтвердили в основном результаты Дж. Миллера. Было показано, что время обучения также зависит от числа чанков. Г. Саймон делает вывод, что психологическая реальность чанка достаточно хорошо продемонстрирована, а объем кратковременной памяти составляет от пяти до семи чанков.
- ❑ Если люди не повторяют (мысленно или вслух) поступившую в КП информацию, она быстро забывается. Забывание происходит оттого, что либо новые чанки как бы

3.4. Магическое число

- ❑ Кратковременная память содержит ту часть наших знаний, которая в данный момент осознается человеком. Возможна следующая аналогия: вы бродите в огромном темном зале с фонариком в руке. Узкий луч фонарика освещает различные предметы, но не дает вам возможности увидеть комнату в целом.
- ❑ Ограниченность объема кратковременной памяти означает, что все отдельные компоненты информации (например, оценки вариантов решения по многим критериям) должны помещаться в каком-то «таинственном ящике», куда входит не более девяти чанков. Человек очень быстро осуществляет операции с помещенными в кратковременную память чайками. Перенос информации из долговременной памяти в кратковременную занимает намного больше времени.
- ❑ В настоящее время нет общепризнанных гипотез о связи ограничений объема кратковременной памяти с организацией человеческого мозга, но существуют интересные догадки.
- ❑ Любопытно, что, изучая поведение животных (крыс, кошек, обезьян), мы можем найти аналогичные ограничения по объему одновременно используемой информации.

3.4. Магическое число

- Таким образом, в той части памяти, где осуществляется принятие решений, мы имеем существенные ограничения наших возможностей по переработке информации. Действительно, в реальной жизни могут произойти одновременно несколько событий, могут существовать разные варианты решений со многими оценками, а также могут иметь место несколько альтернатив. Человеческая система переработки информации имеет ограничение, которое проявляется при решении таких задач. Но человек использует две возможности, чтобы обойти это ограничение. Прежде всего он стремится сделать чанки как можно более емкими, т.е. «упаковать» в них побольше информации. Конечно, для этого ему нужно предварительное знакомство с этой информацией.
 - ПРИМЕР трудно запомнить без ошибок числа: 191—798—816—13, но если мы их сгруппируем по-иному: 1917— 988—1613, то человек, знакомый с историей России, сразу узнает период царствования Романовых и год принятия христианства. Следовательно, у человека эта информация помещается в три чанка, три смысловых блока информации, которые легко запоминаются. Для другого человека чанком может быть знакомая фраза и т.д. (приемы мнемотехники).
- Итак, первый способ приспособления человека к своим внутренним ограничениям — создание все более емких чанков. Особенно преуспевают в этом люди, всю жизнь изучающие объекты, которые сравнительно мало меняются. Шахматисты-профессионалы запоминают в виде чанков сложные позиции, композиторы — гармонические сочетания звуков, врачи — многообразные сочетания симптомов у больных. Наиболее успешные в своей области профессионалы становятся прекрасными экспертами, способными быстро и почти безошибочно принимать решения.
- В отличие от врачей и шахматистов государственные деятели, а также бизнесмены чаще всего встречаются с задачами принятия новых решений. Для таких решений характерна либо новая, не встречавшаяся ранее ситуация, либо новая обстановка, в которой надо решать прежнюю проблему. Время от времени каждый человек сталкивается с необходимостью принятия новых решений. В этом случае в памяти человека уже нет запасенных заранее емких чанков.

3.4. Магическое число

- ❑ Но есть другой способ переработки сложной и объемной информации: упрощение проблемы, ее приспособление к возможностям человеческой системы переработки информации. Если ЛПР не может поместить в КП все оценки вариантов решений по многим критериям, он упрощает задачу. Заметим, что опытные руководители делают это крайне умело, оставляя суть проблемы и отбрасывая второстепенные детали. При этом люди используют некоторые типовые приемы, называемые эвристиками. Действительно, если сравниваются два объекта и по ряду критериев их оценки близки, то вполне логично просто не рассматривать эти критерии. Другой прием: разбить критерии на группы, сравнить объекты по группам критериев, а уже потом - в целом. Третий прием: выбрать объект, который по большинству критериев лучше, чем другой, не обращая внимание на сами оценки (насколько же он лучше). Если количество объектов, подлежащих сравнению, велико, то их сначала пропускают через «фильтр», предъявляя определенные требования к их качеству по отдельным критериям. Только тогда, когда число объектов невелико, человек изучает внимательно их плюсы и минусы, используя, как правило, парные сравнения объектов.
- ❑ Все эти приемы появились не из-за лени или прихоти отдельных ЛПР, а как ценные средства, позволяющие, несмотря на ограничения возможностей переработки информации, решать сложные задачи. Каждый из этих приемов в большинстве случаев эффективен. Но для каждого из них можно подобрать «ловушки противоречивости», как это сделал А. Тверский.

3.4. Магическое число

3 способа переработки сложной
и объемной информации

```
graph TD; A[3 способа переработки сложной и объемной информации] --> B[упрощение задачи]; A --> C[Разбиение на группы]; A --> D[Выделение лучшего];
```

упрощение задачи

Разбиение на группы

Выделение лучшего

3.4. Магическое число

3 способа переработки сложной
и объемной информации

```
graph TD; A[3 способа переработки сложной и объемной информации] --> B[упрощение задачи]; A --> C[Разбиение на группы]; A --> D[Выделение лучшего];
```

упрощение задачи

Разбиение на группы

Выделение лучшего

Если ЛПР не может поместить в КП все оценки вариантов решений по многим критериям, он. Заметим, что опытные руководители делают это крайне умело, оставляя суть проблемы и отбрасывая второстепенные детали. При этом люди используют некоторые типовые приемы, называемые эвристиками. Действительно, если сравниваются два объекта и по ряду критериев их оценки близки, то вполне логично просто не рассматривать эти критерии.

3.4. Магическое число

3 способа переработки сложной и объемной информации

```
graph TD; A[3 способа переработки сложной и объемной информации] --> B[упрощение задачи]; A --> C[Разбиение на группы]; A --> D[Выделение лучшего]
```

упрощение задачи

Разбиение на группы

Выделение лучшего

Если ЛПР не может поместить в КП все оценки вариантов решений по многим критериям, он. Заметим, что опытные руководители делают это крайне умело, оставляя суть проблемы и отбрасывая второстепенные детали. При этом люди используют некоторые типовые приемы, называемые эвристиками. Действительно, если сравниваются два объекта и по ряду критериев их оценки близки, то вполне логично просто не рассматривать эти критерии.

Другой прием, сравнить объекты по группам критериев, а уже потом - в целом.

3.4. Магическое число

3 способа переработки сложной и объемной информации

упрощение задачи

Если ЛПР не может поместить в КП все оценки вариантов решений по многим критериям, он. Заметим, что опытные руководители делают это крайне умело, оставляя суть проблемы и отбрасывая второстепенные детали. При этом люди используют некоторые типовые приемы, называемые эвристиками. Действительно, если сравниваются два объекта и по ряду критериев их оценки близки, то вполне логично просто не рассматривать эти критерии.

Разбиение на группы

Другой прием, сравнить объекты по группам критериев, а уже потом - в целом.

Выделение лучшего

выбрать объект, который по большинству критериев лучше, чем другой, не обращая внимание на сами оценки (насколько же он лучше). Если количество объектов, подлежащих сравнению, велико, то их сначала пропускают через «фильтр», предъявляя определенные требования к их качеству по отдельным критериям. Только тогда, когда число объектов невелико, человек изучает внимательно их плюсы и минусы, используя, как правило, парные сравнения объектов.

3.4. Магическое число

3 способа переработки сложной
и объемной информации

```
graph TD; A[3 способа переработки сложной и объемной информации] --> B[упрощение задачи]; A --> C[Разбиение на группы]; A --> D[Выделение лучшего];
```

упрощение задачи

Разбиение на группы

Выделение лучшего

Все эти приемы появились не из-за лени или прихоти отдельных ЛПР, а как ценные средства, позволяющие, несмотря на ограничения возможностей переработки информации, решать сложные задачи. Каждый из этих приемов в большинстве случаев эффективен. Но для каждого из них можно подобрать «ловушки противоречивости», как это сделал А. Тверский.

3.5. Денежный насос

Профессор А. Тверский придумал оригинальный эксперимент. Группе испытуемых предъявлялись пары объектов, имевших оценки по трем критериям, причем один из критериев был для них намного более важен, чем два других. В предъявляемой паре один из объектов (объект А) был немного лучше по важному критерию, но существенно хуже по менее важным критериям, чем другой объект (объект В). Пренебрегая небольшими отличиями по важному критерию, человек выбирал объект В. После этого ему предъявлялись выбранный им объект В и объект С, превосходящий В по двум менее важным критериям, но слегка уступающий объекту В по самому важному критерию. Человек выбирал объект С. В третьей паре ему предъявляли объект С и первоначально исключенный из первой пары объект А. Тут уже человек замечал накопившееся отличие по наиболее важному критерию и выбирал объект А. Такой тип поведения называется нетранзитивным.

Обнаружив, что группа испытуемых, участвовавших в эксперименте, вела себя нетранзитивно, А. Тверский назвал наблюдавшуюся схему поведения «денежный насос». Действительно, рассуждал он, при каждом сравнении человек получает возможность улучшить свой первоначальный выбор. Но при этом его могут попросить заплатить хотя бы немного (например, 1 рубль) за такую возможность. Заплатив несколько раз за улучшение своего выбора (человеку предъявляется не три, а большее число пар объектов, сконструированных подобным же образом), человек возвращается к первоначальному объекту и может опять захотеть его улучшить. При этом он как бы ходит по кругу, т.е. платит деньги и возвращается к тому объекту, с которого начал. Вряд ли можно считать такое поведение рациональным.

3.6. Последовательная обработка информации

Ограничение емкости КП приводит людей к необходимости обрабатывать поступающую из внешнего мира информацию последовательно, а не воспринимать ее всю сразу — аналогично устройствам с ограниченной пропускной способностью.

Г.Саймон высказал мнение, что и такая система переработки информации была достаточно хороша для людей на протяжении многих веков их существования. В первобытном мире события являлись людям «по очереди», и по каждому из них принималось отдельное решение.

Только в современном, быстро меняющемся мире резко возросла нагрузка на человеческую систему переработки информации. Необходимо принимать сложные решения с учетом многих обстоятельств, при большой неопределенности последствий. Принятые решения быстро устаревают. Все эти обстоятельства имеют следствием ошибочные решения, принимаемые ЛПР. Естественные эвристики и интуиция ЛПР оказываются недостаточными для принятия разумных решений. Кроме того, ЛПР, как и всякий человек, иногда может совершить ошибку просто от невнимательности или по небрежности.

3.7. Извлечение

Может возникнуть представление, что при ограниченной по объему информации в КП существует возможность немедленного извлечения из нее любого чанка. Однако это не так. Чем больше чанков в КП, тем медленнее извлечение информации.

Впервые это показали эксперименты Р.Стернберга. В экспериментах испытуемые запоминали последовательность цифр, количество которых было меньше семи, и отвечали затем на вопрос, содержится ли новая, заданная цифра в этой последовательности. Судя по результатам экспериментов, испытуемые ведут себя следующим образом: они производят последовательное сравнение заданной цифры со всеми запомненными цифрами, а уже потом принимают решение, содержится ли заданная цифра в последовательности или нет. Такая стратегия выгодна в том случае, когда принятие решения занимает намного больше времени, чем сравнение. Р.Стернберг определил время одного сравнения: 35 мс.

4. Дескриптивные исследования многокритериальных проблем

Многокритериальные задачи принятия решений представляют собой особо сложный класс задач для человеческой системы переработки информации. Наличие многих критериев приводит к большой нагрузке на кратковременную память, заставляя человека использовать различные эвристики, для того чтобы справиться с задачей при ограниченном объеме кратковременной памяти.

В то же время в практической деятельности человека многокритериальные задачи встречаются все чаще, что вызвано необходимостью учитывать одновременно много различных факторов. Именно поэтому психологические исследования поведения человека в задачах многокритериального выбора активно проводятся в последнее десятилетие. Разработаны специальные методики проведения этих исследований.

4.1. Прослеживание процесса принятия решений

Такое название получили исследования, направленные на то, чтобы зафиксировать последовательность этапов человеческого мышления при решении многокритериальных задач. Общая схема экспериментов заключается в том, что испытуемым в том или ином виде предъявляется группа альтернатив, из которых следует либо выбрать одну лучшую, либо их классифицировать, либо их упорядочить. Известны три основных метода исследования поведения испытуемых.

1. Мышление вслух (устные протоколы). В экспериментах испытуемых просят сопровождать свои решения проговариванием вслух. Эти «мысли вслух» записывают на магнитофон и затем подвергают анализу.

Пример: сравнение испытуемыми двух вариантов съема квартиры. Возможный устный протокол выглядит так: «Посмотрим на стоимость аренды квартир А и В. Для А стоимость \$270, а для В - \$220. Стоимость А выше, но А находится в тихом месте, а В расположена на шумной улице. Но зато В — рядом со станцией метро, что весьма удобно».

Мышление вслух — не очень привычная процедура для испытуемых, но после небольшой тренировки они привыкают проговаривать вслух свои мысли. Записанные и перепечатанные протоколы передаются двум кодировщикам, которые разделяют их на сегменты, относящиеся либо к одной оценке (например, стоимость для альтернативы А), либо к типу анализа (например, сравнение двух альтернатив по одному критерию, просмотр оценок одной альтернативы). Осуществляется сравнение результатов кодировки и устраняются разногласия между кодировщиками. После этого проводится анализ стратегии испытуемого.

4.1. Прослеживание процесса принятия решений

Наиболее распространенными являются следующие типы стратегий:

- стратегия аддитивной полезности: ЛПР как бы суммирует оценки альтернативы по критериям в один образ и затем сравнивает альтернативы;
- стратегия аддитивных разностей: ЛПР как бы суммирует разности оценок альтернатив по критериям и выбирает лучшую альтернативу;
- стратегия исключения по аспектам: ЛПР исключает из рассмотрения альтернативы, не удовлетворяющие требованиям хотя бы по одному аспекту (критерию);
- стратегия исключения по уровням требований: ЛПР исключает альтернативы, не удовлетворяющие минимальным требованиям по всем критериям.

Естественно, что в процессе анализа альтернатив ЛПР может менять стратегии. Вводятся следующие определения: поальтернативный поиск - если три операции и более относились к одной альтернативе, и покритериальный поиск - если три операции и более относились к одному критерию. Таким образом, поведение испытуемого характеризуется также и сменой стратегий.

Устные протоколы привлекли общее внимание и показали свою полезность в исследованиях, проведенных Г. Саймоном и его учениками в области искусственного интеллекта. Так, с помощью устных протоколов было получено понимание того, как человек решает головоломки, логические задачи.

4.1. Прослеживание процесса принятия решений

2. Информационная доска. Этот способ исследований был предложен Д. Пейном. В современном виде он может быть представлен следующим образом. На экране компьютера появляется таблица, столбцы которой соответствуют альтернативам, а строки — критериям. На пересечении столбца и строки в квадрате находится оценка альтернативы по критерию. В начале работы испытуемого все оценки закрыты. Испытуемый может открывать их в любом порядке, совмещая курсор с квадратом и щелкая мышкой. Последовательность открытия оценок характеризует его стратегию.

3. Метод фиксации движений глаз. При использовании этого метода многомерные альтернативы размещают на специальном листе, который находится на некотором расстоянии перед испытуемым. Движения глаз испытуемого фиксируются специальной аппаратурой, которая позволяет определить место на листе, куда направлен взгляд, и длительность фиксации взгляда.

В серии исследований Рассо и его сотрудники показали, что метод фиксации движения глаз чрезвычайно информативен при изучении процессов сравнения многокритериальных альтернатив. Во-первых, фиксируются все элементарные движения, которые, хотя и не тождественны мыслительным операциям, неплохо их характеризуют. Во-вторых, как показывают исследования, экспериментальная обстановка мало влияет на стратегию сравнения.

Конечно, аппаратура для записи движений глаз сложна и дорога. Достаточно сложным является и анализ записи, при котором выделяются не отдельные фиксации, а их совокупности (понятийные единицы). Однако в целом данный метод позволил ближе всего подойти к элементарным операциям по переработке информации, осуществляемым человеком.

4.1. Прослеживание процесса принятия решений

2. Информационная доска. Этот способ исследований был предложен Д. Пейном [10]. В современном виде он может быть представлен следующим образом. На экране компьютера появляется таблица, столбцы которой соответствуют альтернативам, а строки — критериям. На пересечении столбца и строки в квадрате находится оценка альтернативы по критерию. В начале работы испытуемого все оценки закрыты. Испытуемый может открывать их в любом порядке, совмещая курсор с квадратом и щелкая мышкой. Последовательность открытия оценок характеризует его стратегию.

3. Метод фиксации движений глаз. При использовании этого метода многомерные альтернативы размещают на специальном листе, который находится на некотором расстоянии перед испытуемым. Движения глаз испытуемого фиксируются специальной аппаратурой, которая позволяет определить место на листе, куда направлен взгляд, и длительность фиксации взгляда.

В серии исследований Рассо и его сотрудники показали, что метод фиксации движения глаз чрезвычайно информативен при изучении процессов сравнения многокритериальных альтернатив. Во-первых, фиксируются все элементарные движения, которые, хотя и не тождественны мыслительным операциям, неплохо их характеризуют. Во-вторых, как показывают исследования, экспериментальная обстановка мало влияет на стратегию сравнения.

Конечно, аппаратура для записи движений глаз сложна и дорога. Достаточно сложным является и анализ записи, при котором выделяются не отдельные фиксации, а их совокупности (понятийные единицы). Однако в целом данный метод позволил ближе всего подойти к элементарным операциям по переработке информации, осуществляемым человеком.

4.1. Прослеживание процесса принятия решения

2. Информационная доска. Этот способ исследований был в современном виде он может быть представлен следующим образом: на экране компьютера появляется таблица, столбцы которой соответствуют критериям, а строки — альтернативы по критерию. В начале работы испытуемому может открываться их в любом порядке, совмещая щелчком мышки. Последовательность открытия оценок характерна



[10]. В процессе работы на экране появляются оценки, а в конце работы. Таким образом и

3. Метод фиксации движений глаз. При использовании этого метода многомерные альтернативы размещают на специальном листе, который находится на некотором расстоянии перед испытуемым. Движения глаз испытуемого фиксируются специальной аппаратурой, которая позволяет определить место на листе, куда направлен взгляд, и длительность фиксации взгляда.

В серии исследований Рассо и его сотрудники [11] показали, что метод фиксации движения глаз чрезвычайно информативен при изучении процессов сравнения многокритериальных альтернатив. Во-первых, фиксируются все элементарные движения, которые, хотя и не тождественны мыслительным операциям, неплохо их характеризуют. Во-вторых, как показывают исследования, экспериментальная обстановка мало влияет на стратегию сравнения.

Конечно, аппаратура для записи движений глаз сложна и дорога. Достаточно сложным является и анализ записи, при котором выделяются не отдельные фиксации, а их совокупности (понятийные единицы). Однако в целом данный метод позволил ближе всего подойти к элементарным операциям по переработке информации, осуществляемым человеком.

4.1. Прослеживание процесса принятия решения



исследований был представлен следующий график, в котором по вертикальной оси отложено количество строк в документе, а по горизонтальной — количество слов в строке. В результате работы испытуемого в определенном порядке, совпадающем с порядком вынесения оценок характера



[10]. В результате на экране монитора появились оценки качества работы, которые были приняты. Таким образом и в дальнейшем.

3. а) В результате использования этого метода многомерные данные, которые находятся на некотором расстоянии от глаз испытуемого фиксируются специальной камерой, которая определяет место на листе, куда направлен взгляд, и длительность фиксации взгляда.

В серии исследований Рассо и его сотрудники [11] показали, что метод фиксации движения глаз чрезвычайно информативен при изучении процессов сравнения многокритериальных альтернатив. Во-первых, фиксируются все элементарные движения, которые, хотя и не тождественны мыслительным операциям, неплохо их характеризуют. Во-вторых, как показывают исследования, экспериментальная обстановка мало влияет на стратегию сравнения.

Конечно, аппаратура для записи движений глаз сложна и дорога. Достаточно сложным является и анализ записи, при котором выделяются не отдельные фиксации, а их совокупности (понятийные единицы). Однако в целом данный метод позволил ближе всего подойти к элементарным операциям по переработке информации, осуществляемым человеком.

4.1. Прослеживание процесса принятия решения



исследований был представлен следующий график, в котором строки и столбцы соответствуют различным элементам интерфейса. В процессе работы испытуемые в определенном порядке совершали действия, что позволило оценить характер их поведения.



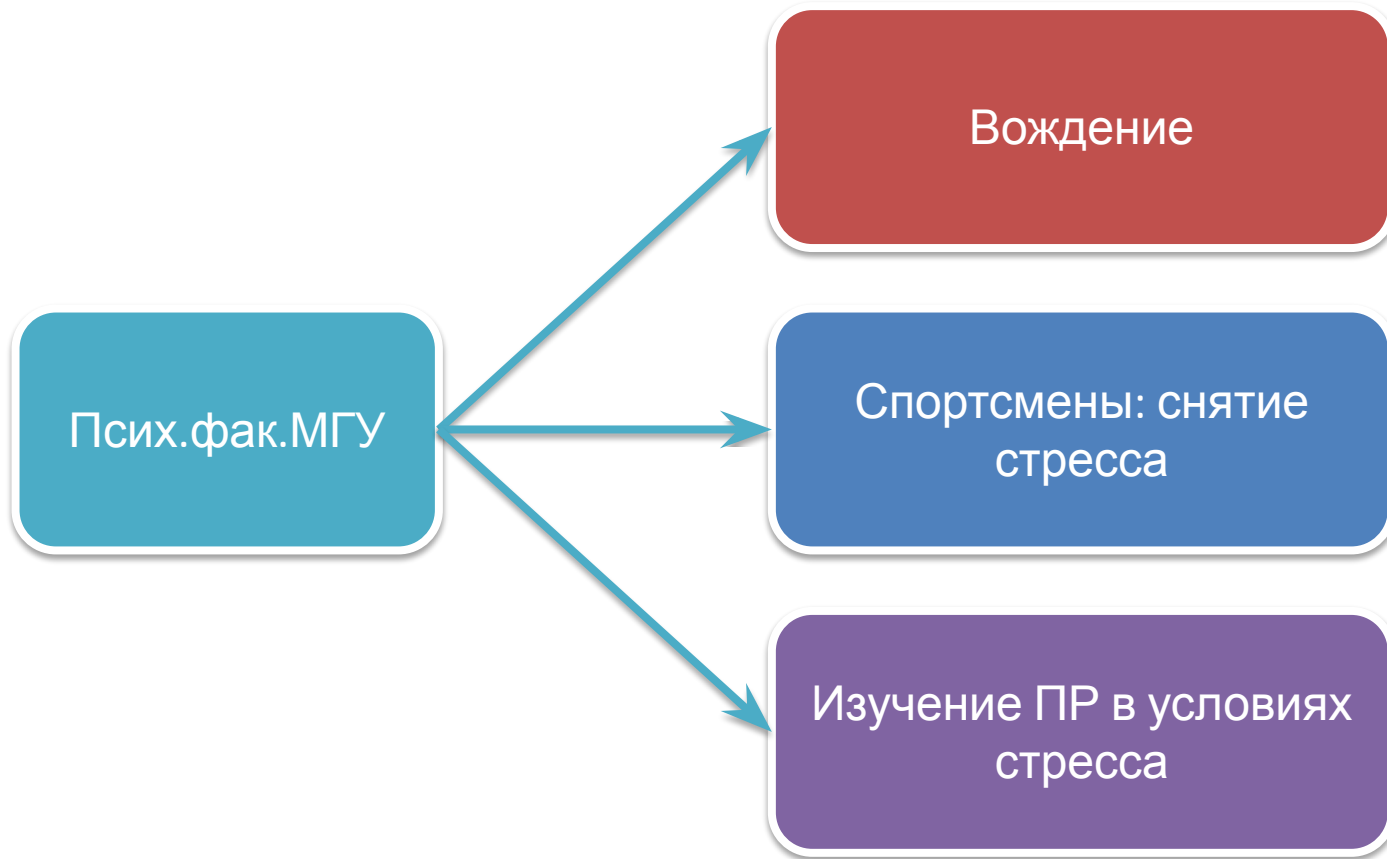
[10]. В процессе работы на экране появлялись различные элементы, а оценка их значимости проводилась с помощью специального программного обеспечения.



В серии исследований Рассо и его коллеги исследовали движения глаз при просмотре многокритериальных альтернатив. Результаты показывают, что пользователи часто не осознают важности определенных элементов, что может быть связано с ограниченными возможностями человеческого восприятия.

Конечно, аппаратная запись движений глаз является лишь инструментом для сбора данных. Анализ записи должен проводиться с помощью специальных программных средств, которые позволяют выделить ключевые моменты взаимодействия с интерфейсом.

Исследование принятия решений



4.2. Результаты дескриптивных исследований

Что же достигнуто к настоящему времени в понимании процессов переработки информации человеком в многокритериальных задачах? На этот вопрос есть много общих и частных ответов. Мы постараемся выделить из них то, что в настоящее время можно считать результатами, многократно подтвердившимися при использовании различных методов исследований.

4.2. Результаты дескриптивных исследований

Прежде всего остановимся на соответствии стратегий и задач. При помощи разных методов было показано, что для задач выбора лучшей альтернативы при небольшом числе альтернатив характерны аддитивные стратегии. Этот результат был получен методами фиксации движений глаз, устных протоколов, информационной доски. Было найдено, что при шестидесяти альтернативах люди сравнивают их попарно, запоминают лучшую и переходят к следующей. При большом числе альтернатив и критериев (до 12) часто используют смешанные стратегии: сначала стратегии исключения, оставляющие небольшое число альтернатив, а уже потом — аддитивные стратегии при малом числе оставшихся альтернатив. Было показано также, что словесные оценки на шкалах критериев чаще приводили к поальтернативным сравнениям (при небольшом числе альтернатив).

С помощью разных методов было определено, что для задач отнесения альтернатив к классам решений преимущественно используются стратегии исключения.

Различные стратегии и упрощающие эвристические приемы появились именно вследствие специфических свойств кратковременной памяти человека. Во многих случаях жизненной практики эвристики, безусловно, полезны. Многокритериальные задачи являются тем особым, крайне трудным для человека классом задач, где привычные эвристики часто приводят к противоречиям, к нарушениям рациональности.

Наряду с ограниченным объемом кратковременной памяти есть другая важная особенность человеческой системы переработки информации - пластичность, умение адаптироваться к конкретной задаче. На поведение человека при сравнении многокритериальных альтернатив влияют характер оценок (числовые или словесные), количество критериев и альтернатив и т.д. Более того, при тех же альтернативах и критериях на стратегию человека существенно влияет форма предъявления ему информации. В эксперименте Бетмана и Какара испытуемым предъявляли информацию об альтернативах, имевших оценки по N критериям, тремя различными способами: в виде матрицы $N \times p$, в виде перечня альтернатив со всеми их оценками (каждая альтернатива - на отдельной странице), в виде перечня совокупностей оценок альтернатив по каждому критерию. Стратегии испытуемых в этих трех случаях значительно различались.

Как ограниченная емкость кратковременной памяти, так и пластичность являются объективными характеристиками системы переработки информации. Многие конкретные стратегии определяются персональным пониманием той или иной задачи, причем далеко не всегда правильным. Поэтому выбор стратегии решения сам по себе является для человека самостоятельной задачей. В этом выборе проявляется его индивидуальность, его мотивация и предварительные установки

5. Долговременная память

Хотя принятие решений осуществляется в основном в кратковременной памяти, между двумя видами памяти происходит постоянный обмен информацией. Вообще связь между этими двумя видами памяти очень сильная. Существует точка зрения, что они не являются различными нейронными системами, а соответствуют различным состояниям активации единой нейронной системы.

Требуется время, чтобы информация, поступившая из КП, закрепились в ДП, но после этапа закрепления она может храниться в ДП очень долго. Есть эксперименты, показывающие, что человек может вспомнить далекие по времени и, казалось бы, насовсем забытые события и факты. Можно предположить, что мы сохраним в мозгу огромное количество информации, но не всегда можем найти «ключик от сундука», где хранится эта информация. Долговременная память также принимает участие в принятии человеком решений, поставляя в КП необходимые факты, знания и умения.

Так же, как и в КП, в долговременной памяти можно выделить три этапа переработки информации: кодирование — хранение — извлечение.

5.1. Кодирование

Преобладающим способом кодирования информации для вербального материала является смысловое кодирование. Это означает, что чаще всего мы не запоминаем информацию дословно. Мы помним основное ее содержание. Например, после прочтения письма мы можем совсем иными словами, но достаточно точно описать его содержание.

5.2. Хранение

Существует множество различных и достаточно сложных моделей долговременной памяти. Каждая из них соответствует определенной части имеющихся экспериментальных данных. С точки зрения проблем принятия решений нам представляется наиболее привлекательной модель, основанная на семантической близости [3]. В этой модели семантический класс может быть представлен в долговременной памяти как набор атрибутов или признаков. Каждый объект представляется как бы точкой в пространстве признаков, причем близким объектам соответствуют близкие расстояния в этом пространстве.

Другая распространенная модель может быть названа иерархической. Люди лучше запоминают информацию и реже ее забывают, если сведения упорядочены от более общих к более частным. Например, удобно хранить информацию о живых существах, относя их к классам млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб и т.д. Мы можем различать разные группы птиц по местам обитания, по поведению и т.д.

Иерархическая организация информации оказывается весьма эффективной. В одном из экспериментов испытуемых просили запомнить информацию, представленную в иерархическом виде. Другая группа испытуемых получила эту же информацию без какой-либо структуры, просто как набор названий. Испытуемые запоминали (в среднем) 65% информации, представленной в иерархическом виде, и только 19% информации при случайном порядке предъявления [3].

5.3. Извлечение

При принятии решений мы переносим из долговременной памяти в кратковременную необходимую информацию, если, конечно, мы ее не забыли. Как отмечает Г. Саймон, долговременная память похожа на большую энциклопедию, которая создается одновременно с умением делать выборки по индексам.

В отличие от обычных энциклопедий человеческая память позволяет делать выборки по индексам совершенно разного характера. Вспоминая о птицах, мы можем, например, использовать как признаки их окраску, размер, тип питания, пути миграции и т.д.

Особый интерес с точки зрения принятия решений представляет удивительная способность экспертов быстро и безошибочно находить необходимые решения. Для экспертов (шахматистов, инженеров, врачей) характерен быстрый переход от описания объекта к правильной его оценке.

Каким образом эксперты сразу и с малым числом ошибок находят нужные решения?

Проведенные исследования показали, что эксперты хранят в долговременной памяти очень большое количество информации (чанков) в специально организованном виде. По оценке Г. Саймона, количество таких чанков для одной области деятельности может составлять от десятков тысяч до 1 млн [6]. За многолетнюю практику (по мнению Г. Саймона, необходимо не менее 10 лет для того, чтобы стать экспертом в любой области) профессионалы отбирают наиболее информативные для принятия решений признаки. Так, шахматисты описывают позиции, используя такие термины, как «угроза для короля», «возможность атаки» и т.д. С помощью этих индексов шахматисты быстро находят в памяти позиции, необходимые при выборе следующего хода.

6. Рабочая память

По мнению ряда исследователей, представленная выше модель памяти Аткинсона - Шифрина с выделением кратковременной и долговременной памяти, является слишком упрощенной. Вместо модели кратковременной памяти вводят модель рабочей памяти [18]. Эта модель может быть представлена как состоящая из трех компонентов:

- центральный исполнительный блок, представляющий направленное внимание человека к обрабатываемой информации;
- блок обработки акустической информации;
- блок обработки визуальной и пространственной информации («блокнот эскизов»).

Основным компонентом модели является центральный исполнительный блок, имеющий ограниченную емкость. Два других блока являются вспомогательными.

Блок обработки акустической информации имеет контур повторения. В экспериментах было обнаружено, что емкость этого контура равна количеству слов, которые может прочесть человек вслух за две секунды. Также было найдено, что объем запоминаемой информации в блоке обработки акустической информации зависит от скорости повторения. Эксперименты показали, что акустическая информация обрабатывается иначе, чем зрительная. Согласно современным представлениям основная функция контура повторения состоит в облегчении чтения трудного материала.

Блок обработки визуальной и пространственной информации важен для ориентировки на местности, решения пространственных задач, анализа изображений.

Центральный блок представляет собой избирательное внимание человека к тем или иным фрагментам обработки информации.

Сравнивая модель рабочей памяти с моделью Аткинсона — Шифрина, следует отметить: более детальная модель рабочей памяти позволяет лучше объяснить результаты многих экспериментов. С другой стороны, объем рабочей памяти хотя и ограничен, но четко не определен.

7. Психологические теории человеческого поведения при принятии решений

Результаты экспериментальных исследований поведения людей при решении многокритериальных задач были использованы при разработке психологических теорий, описывающих поведение людей в задачах выбора.

7.1. Теория поиска доминантной структуры

Эта теория была предложена Г. Монтгомери и О. Свенсоном. Они выдвинули гипотезу о том, что при выборе лучшей из нескольких альтернатив ЛПР стремится создать доминантную

структуру. Путем попарного сравнения всех (либо части) альтернатив ЛПР хочет найти альтернативу, которая:

- лучше каждой из прочих хотя бы по одному критерию;
- ее недостатки менее существенны, чем недостатки сравниваемых с ней альтернатив.

В соответствии с теорией поиска доминантной структуры ЛПР в процессе принятия решений охватывает взглядом все имеющиеся альтернативы и выбирает ту, которая по первому впечатлению может оказаться доминирующей. Затем он попарно сравнивает с выбранной прочие альтернативы. Если при этих сравнениях выбранная альтернатива оказалась лучшей, то доминантная структура построена и ЛПР может объяснить свой выбор. Если при каком-либо из сравнений какая-то иная альтернатива окажется лучшей, то уже она рассматривается как потенциально доминирующая и с ней сравниваются все прочие.

Теория поиска доминантной структуры подтвердилась при прослеживании процессов принятия решений методом вербальных протоколов. Оказалось, что внимание (процент от общего времени решения задачи), уделяемое доминантной альтернативе в процессе выбора, было больше, чем для какой-либо иной альтернативы.

7.2. Теория конструирования стратегий

Д.Пейн предложил и обосновал другую теорию человеческого поведения при выборе лучшей (или лучших) из многокритериальных альтернатив. Эта теория может быть названа теорией конструирования стратегий. Д.Пейн предположил, что в процессе решения задачи используется не одна, а несколько стратегий и эвристик. Сравнивая альтернативы, люди могут сначала пренебречь различиями в оценках по некоторым критериям, затем использовать стратегию аддитивных разностей, далее — стратегию исключения и т.д. Для поведения испытуемых в эксперименте характерна именно совокупность стратегий, а не одна стратегия. При этом на формирование совокупной стратегии оказывают непосредственное влияние те оценки альтернатив, которые попадают в зону внимания человека. На этапах сравнений альтернатив правила выбора могут изменяться в зависимости от усилий, затрачиваемых человеком при применении правила, и в зависимости от желаемой точности выбора. Люди могут совершить ошибочный выбор стратегии под влиянием тех или иных (часто малозначимых) характеристик альтернатив. Гипотезы Д.Пейна получили подтверждение при прослеживании процессов принятия решений методом информационной доски.

Как отмечает Д.Пейн, изложенные выше черты поведения характерны для неподготовленных испытуемых. ЛПР, имеющие опыт в принятии решений, владеют своими излюбленными стратегиями, которые они и применяют при решении задач.

8. Исследование возможностей человека в задачах классификации многомерных объектов

В ряде экспериментов была показана непосредственная связь человеческого поведения с организацией человеческой системы переработки информации. Объектом исследования являлись широко распространенные на практике задачи классификации многомерных ситуаций. Например, с такими задачами сталкивается руководитель программы проведения научных исследований и разработок, принимая решения о включении в программу тех или иных проектов.

С этими же задачами сталкиваются и инженер, устанавливающий характер неисправности в сложной технической системе, и покупатель в магазине, разделяя интересующие его товары на два класса — заслуживающие или не заслуживающие дальнейшего рассмотрения. Во всех этих примерах человек решает задачу отнесения объекта, имеющего совокупность характеристик (оценки по многим критериям), к одному из нескольких классов решений. Иначе говоря, человек осуществляет многомерную классификацию

8.1. Схема экспериментов

При проведении экспериментов с различными группами людей (студентами, старшеклассниками, сотрудниками НИИ) предполагалось, что сложность задачи экспертной классификации зависит от следующих параметров задач: числа критериев, числа оценок на их шкалах, числа классов решений. Была выдвинута гипотеза, что поведение людей может измениться при определенном увеличении того или иного параметра задачи. Сложность задачи классификации в каждом из экспериментов определялась тремя следующими параметрами:

- числом критериев (признаков, характеристик) N , описывающих оцениваемые объекты;
- числом оценок W_i ($i = 1, \dots, n$) на порядковых шкалах этих критериев (оценки упорядочены от лучшей к худшей);
- числом классов решений P , к которым следует отнести рассматриваемые объекты.

Все возможные сочетания оценок по разным критериям определяют полное множество возможных описаний объектов. В каждом из экспериментов испытуемому предлагалось оценить все возможные объекты, отнеся каждый из них к одному из заданных классов решений.

8.1. Схема экспериментов

Как пример рассмотрим одну из задач, решавшихся студентами. В качестве объектов классификации выступали описания арендуемых квартир — объектов, хорошо знакомых испытуемым. В качестве критериев оценки объектов предлагались:

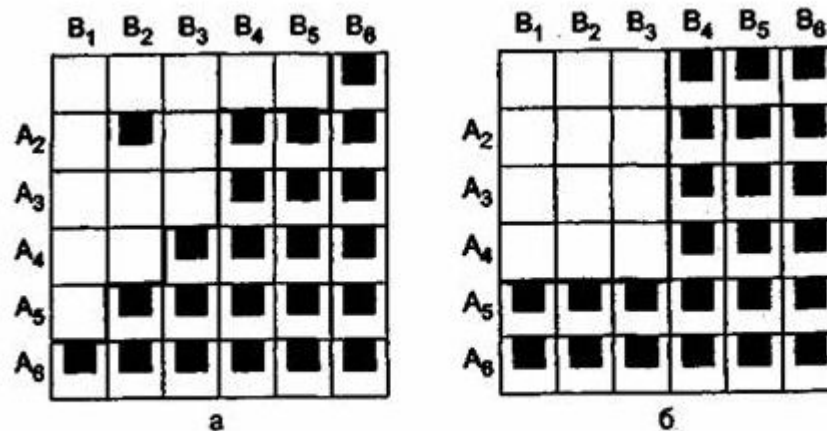
- размеры подсобных помещений и кухни;
- расположение комнат;
- район, где находится квартира;
- экологическая обстановка в районе;
- стоимость.

Для каждого из критериев была разработана шкала из трех словесных оценок, упорядоченных по качеству от первой к третьей. Так, для первого критерия использовалась следующая шкала оценок:

- подсобные помещения и кухня большой площади;
- подсобные помещения и кухня малой площади;
- кухня малой площади, подсобные помещения отсутствуют. Итак, в данном случае $N=5$ и $W_i=3$. Нетрудно убедиться, что сочетания различных оценок по критериям задают полное множество возможных объектов. В данном случае количество этих объектов $Q=3^5=243$. Описание 243 гипотетических квартир в случайном порядке предъявлялось испытуемому. Его задача состояла в отнесении каждого сочетания к одному из следующих классов решений:
- квартира хорошая и полностью вас удовлетворяет;
- квартира удовлетворительная, хотя и имеет ряд недостатков;
- квартира вам не подходит.

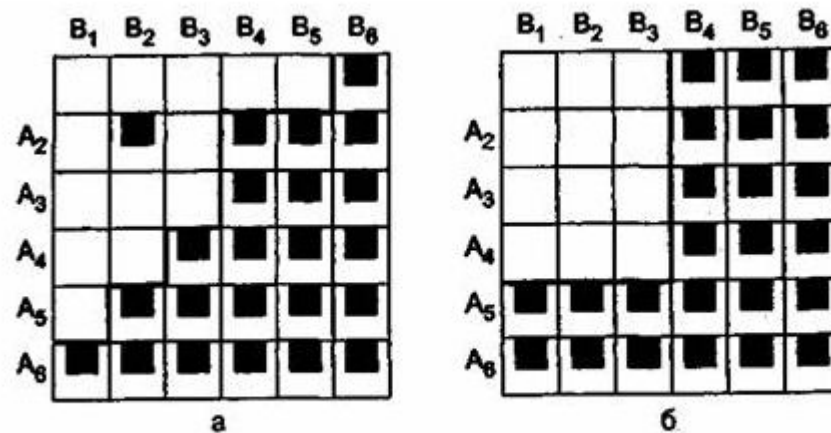
8.2. Параметры, используемые для оценки поведения испытуемых в задачах классификации

Отнесение какого-либо объекта к некоторому классу в условиях упорядоченности классов решений (первый класс лучше второго и т.д.) и порядковых шкал оценок критериев накладывает определенные ограничения на отношения между объектами. Так, объекты, доминирующие по критериальным оценкам над данным объектом, не могут быть отнесены к классу, худшему, чем класс данного объекта. С другой стороны, объекты, над которыми он доминирует, не могут быть отнесены к классу, лучшему, чем класс данного объекта. Нарушение этих ограничений считалось ошибкой, допускаемой испытуемым при классификации.



Сложное (а) и простое (б) разделение на два класса сочетаний оценок по двум критериям: А и В

8.2. Параметры, используемые для оценки поведения испытуемых в задачах классификации



Сложное (а) и простое (б) разделение на два класса сочетаний оценок по двум критериям: А и В

Поведение испытуемых оценивалось по трем параметрам, смысл которых следует объяснить более подробно.

1. Число противоречий. Задача испытуемых состояла в разделении объектов (сочетаний оценок по критериям) на упорядоченные классы. На рис. а приведен крайне простой вариант этой задачи - разделение на два класса (первый класс лучше второго) сочетаний оценок по двум критериям: А и В (первые оценки - лучшие; оценки на шкалах упорядочены по качеству). На рис. а представлено гипотетическое разделение на два класса (пустые клетки — первый класс, заштрихованные — второй класс). Очевидно, что оценка клетки A₂B₂ противоречит оценкам клеток A₂ B₃, A₃B₂, A₄ B₂ и A₃B₃. Следовательно, в данной классификации на рис.а имеются четыре противоречия.

2. Число замен (ошибок). Наряду с числом противоречий информативным является и другой показатель - число изменений в ответах испытуемого, которые делают классификацию непротиворечивой. Так, в классификации, представленной на рис. 7.1,а, нужно только одно изменение — назначение другого (первого) класса для сочетания A₂B₂. Эта замена делает классификацию непротиворечивой. Число замен характеризует число ошибок, совершенных испытуемыми при классификации.

3. Сложность границ между классами. Этот критерий, предложенный нами ранее, оценивает сложность правил, используемых при классификации. Так, граница между классами на рис.б очень проста, поскольку испытуемый фактически заменил критерии на ограничения. Его решающее правило в данном случае очень просто: к первому классу относятся сочетания, имеющие оценки лучшие, чем а 5 и лучше, чем в 4.

- ❑ Во-первых, среди испытуемых могут быть люди, которые рассматривают исходную задачу не как многокритериальную, а как более простую — однокритериальную с ограничениями по другим критериям (недаром А. Тверский [8] и Д. Рассо [11] предварительно отбирали испытуемых, использующих все критерии).
- ❑ Во-вторых, как мы увидим далее, один и тот же человек может перейти к использованию ограничений вместо критериев при усложнении задачи. Известно, что стратегия последовательного введения ограничений вместо критериев («исключение по аспектам») в когнитивном отношении крайне проста.
- ❑ В соответствии с вышеописанными критериями был установлен уровень требований к качеству выполнения задания, в соответствии с которым выносилось суждение о том, справился ли испытуемый с задачей классификации. Известно, что, выполняя те или иные операции по переработке информации, человек может ошибаться. Однако ошибка ошибке рознь. Как показано на рис. 7.1,а, ошибки, совершаемые вдали от границ, влекут за собой большое число противоречий. Эти ошибки, как правило, очевидны. Они не мешают установить границы между классами решений. Иначе обстоит дело с ошибками, совершаемыми у самой границы. Так, если испытуемый отнес ко второму классу клетку A2B3 на рис. 7.1,а, то имеется лишь одно противоречие (принадлежность клетки A3B3 к первому классу), и вопрос ставится следующим образом: отнести клетку A2B3 к первому классу или клетку A3B3 ко второму классу. Следовательно, ошибки около границы и на самой границе особенно опасны тем, что они меняют границу между классами, и при большом числе таких ошибок невозможно установить четкие границы между классами решений.
- ❑ В связи с этим в качестве значения первого критерия, определяющего, справился ли испытуемый с задачей, было принято число ошибок, совершаемое около границы - на единичном расстоянии от границы (изменение на одну оценку по любому критерию переводит сочетание в элемент границы). Было принято, что испытуемый справляется с задачей лишь в том случае, когда число таких ошибок у границ между классами не превышает двух. В качестве второго критерия, определяющего, справился ли испытуемый с задачей классификации, была выбрана сложность границы, отражающая сложность решающих правил, используемых испытуемыми. А именно: требовалось, чтобы среди граничных элементов между классами были хотя бы один-два элемента, представляющих сочетания оценок критериев. Иначе говоря, считалось, что если испытуемый перевел все критерии в ограничения и превратил задачу в «исключение по аспектам», то он не справился с задачей. Действительно, в последнем случае задача многокритериальной классификации просто исчезает.

8.3. Описание экспериментов

Следует разделить эксперименты на две группы:

- 1) эксперименты, проводимые с людьми, не имевшими большой практики в принятии решений (студенты, школьники - первая серия экспериментов),
- 2) эксперименты, где в качестве испытуемых выступали профессионалы, решающие реальные практические задачи (вторая серия экспериментов).

Для первой группы испытуемых имелись широкие возможности варьировать параметры задачи классификации и условия эксперимента. Студенты (эксперименты с 1-го по 12-й) классифицировали арендуемые квартиры, решая, насколько предлагаемые варианты удовлетворяют их, а школьники (эксперименты 13 и 14) - высшие учебные заведения, определяя насколько они подходят им для поступления после окончания школы. Для второй группы испытуемых возможности варьирования параметров задачи почти отсутствовали, и схема эксперимента соответствовала реальной задаче. В экспериментах второй серии участвовали члены редакционного совета научно-исследовательского института, оценивая качество предлагаемых к опубликованию препринтов (эксперименты 15 и 16).

8.4. Результаты экспериментов

Данные о среднем количестве ошибок, допускаемых испытуемыми при выполнении 100 классификаций в каждом из экспериментов, представлены в табл.

Как видно из таблицы, среднее число ошибок зависит от сложности задачи классификации. Можно определить зависимость количества ошибок от параметров P , N и W . Это позволило получить следующий результат: число ошибок (число замен) при фиксированных N и W существенно зависит от числа классов решений P .

Среднее время, затрачиваемое испытуемыми на вынесение одного суждения о принадлежности объекта к тому или иному классу, составляло 14 с. Дополнительный анализ качества выполнения классификации, проведенный для каждого испытуемого в соответствии с критериями, позволил вынести суждение, справился ли испытуемый с заданием. Например, в эксперименте 9, при $N=4$ (число критериев), $W_i = 4$, $i = 1, \dots, 4$ (число оценок на порядковых шкалах), $P=2$ (число классов решений), 67% испытуемых справились с задачей (среднее число ошибок равнялось 3). В эксперименте 7, при тех же $N=4$ и $W = 4$, но уже при $P=4$, не справились с задачей 90% испытуемых, причем наблюдалось резкое увеличение числа противоречий и ошибок (среднее число замен равнялось 8,8).

Были найдены такие значения N , W , P , что при увеличении одного из этих параметров значительная часть испытуемых переставала справляться с задачей. Было условно определено, что если как минимум треть испытуемых из группы, состоявшей обычно из 10-15 человек, успешно справляется с задачей, то задача классификации данной сложности находится в пределах возможностей человека.

8.4. Результаты экспериментов

Номер эксперимента	Количество испытуемых	Размерность задачи				Среднее число допущенных ошибок	Процент испытуемых, справившихся с задачей	
		N	W	P	Q			
1	9	7	2	5	128	9,5	11	Первая серия экспериментов
2	9	7	2	4	128	6,5	0	
3*	19	7	2	3	128	6,5	37	
4	15	5	3	4	243	9,7	13	
5*	20	5	3	3	243	5,8	35	
6*	24	5	3	2	243	5,0	46	
7	20	4	4	4	256	8,8	10	
8	20	4	4	3	256	6,2	20	
9*	9	4	4	2	256	3	67	
10	10	3	5	5	125	17	0	
11	11	3	5	4	125	8,8	9	
12*	10	3	5	3	125	5,1	60	
13	16	5	3	4	243	9,8	19	
14*	16	5	3	2	243	3,5	73	
15*	9	5	3	2	243	3,3		Вторая серия экспериментов
16	4	5	3	4	243	1,3		

Примечание: N-число критериев; W-число градаций на шкалах их оценок; P-число классов; Q-число классифицируемых объектов; *-сложность данной задачи находится в пределах возможностей человека

8.4. Результаты экспериментов

Как видно из таблицы, среднее число ошибок зависит от сложности задачи классификации. Можно определить зависимость количества ошибок от параметров P , N и W . Это позволило получить следующий результат: число ошибок (число замен) при фиксированных N и W существенно зависит от числа классов решений P .

Среднее время, затрачиваемое испытуемыми на вынесение одного суждения о принадлежности объекта к тому или иному классу, составляло 14 с. Дополнительный анализ качества выполнения классификации, проведенный для каждого испытуемого в соответствии с критериями, позволил вынести суждение, справился ли испытуемый с заданием. Например, в эксперименте 9, при $N=4$ (число критериев), $W_i = 4$, $i = 1, \dots, 4$ (число оценок на порядковых шкалах), $P=2$ (число классов решений), 67% испытуемых справились с задачей (среднее число ошибок равнялось 3). В эксперименте 7, при тех же $N=4$ и $W = 4$, но уже при $P=4$, не справились с задачей 90% испытуемых, причем наблюдалось резкое увеличение числа противоречий и ошибок (среднее число замен равнялось 8,8).

Были найдены такие значения N , W , P , что при увеличении одного из этих параметров значительная часть испытуемых переставала справляться с задачей. Было условно определено, что если как минимум треть испытуемых из группы, состоявшей обычно из 10-15 человек, успешно справляется с задачей, то задача классификации данной сложности находится в пределах возможностей человека.

8.4. Результаты экспериментов

Номер эксперимента	Количество испытуемых	Размерность задачи				Среднее число допущенных ошибок	Процент испытуемых, справившихся с задачей	
		N	W	P	Q			
1	9	7	2	5	128	9,5	11	Первая серия экспериментов
2	9	7	2	4	128	6,5	0	
3*	19	7	2	3	128	6,5	37	
4	15	5	3	4	243	9,7	13	
5*	20	5	3	3	243	5,8	35	
6*	24	5	3	2	243	5,0	46	
7	20	4	4	4	256	8,8	10	
8	20	4	4	3	256	6,2	20	
9*	9	4	4	2	256	3	67	
10	10	3	5	5	125	17	0	
11	11	3	5	4	125	8,8	9	
12*	10	3	5	3	125	5,1	60	
13	16	5	3	4	243	9,8	19	
14*	16	5	3	2	243	3,5	73	
15*	9	5	3	2	243	3,3		Вторая серия экспериментов
16	4	5	3	4	243	1,3		

Примечание: N-число критериев; W-число градаций на шкалах их оценок; P-число классов; Q-число классифицируемых объектов; *-сложность данной задачи находится в пределах возможностей человека

8.5. Обсуждение результатов первой серии экспериментов

Результаты экспериментов подтвердили гипотезу о существовании пределов возможностей испытуемых в задачах многокритериальной классификации. Полученные результаты показывают, что при определенных значениях параметров происходит резкое увеличение числа противоречий и замен. Испытуемые перестают справляться с задачей, и по их ответам невозможно установить границы между классами.

В чем же причина такого явления? Для ответа на этот вопрос был проведен специальный анализ. Как уже отмечалось, результаты работы испытуемых могут быть представлены в виде элементов границ между классами. Эти элементы показывают, что все альтернативы, доминирующие над ними, относятся к более высоким классам, а доминируемые ими - к более низким. После приведения ответов испытуемых к непротиворечивому виду по алгоритмам, предложенным в [17], можно легко определить границы между классами. Эти границы характеризуются как количеством элементов границы, так и их сложностью. Проведенный содержательный анализ элементов границ, а также сопоставление его результатов с результатами анализа письменных протоколов показали, что элементы границы не являются независимыми. Обычно совокупность нескольких элементов границ отражает более общее правило, которое имеет для испытуемых четкое смысловое содержание. Такие правила могут быть определены путем группировки элементов границ по их близости (по содержанию одинаковых оценок). Эти правила достаточно просты для запоминания. Для примера приведем одно из правил, использовавшихся студентами: если квартира расположена в промышленном районе и одновременно дорогая, то она не подходит (третий класс) независимо от планировки.

Совокупность такого рода правил отражается в элементах границ между классами, объединяя их в структурные единицы информации. Стратегии, использовавшиеся испытуемыми, можно представить как совокупность таких правил. Для двух экспериментов (эксперименты 4 и 13), в которых испытуемые не справились с задачей классификации, и для двух экспериментов (эксперименты 6 и 14), в которых испытуемые справились с ней, для каждого испытуемого были выделены правила, используемые ими при классификации в виде структурных единиц информации, объединяющих элементы границ между классами. При анализе оказалось, что в случаях, когда испытуемые справлялись с задачей, количество используемых испытуемыми правил не превышало восьми. В случаях, когда испытуемые не справлялись с задачей, анализ позволил выявить существование большего числа правил. Усредненное для групп испытуемых количество правил, используемых для классификации в экспериментах 4 и 13, составляло 12, а в экспериментах 6 и 14 равнялось 5. Наиболее вероятное объяснение этих данных состоит в следующем. При решении очередной задачи отнесения альтернативы к тому или иному классу испытуемый вынужден помещать в кратковременную память все правила, представляющие собой как бы структурные единицы информации, которыми он оперирует. Как известно, объем кратковременной памяти ограничен.

8.5. Обсуждение результатов первой серии экспериментов

В случае, когда испытуемые использовали при классификации не более девяти правил (структурных единиц информации), они справлялись с задачей. При попытке воспользоваться большим числом структурных единиц информации оказалось, что часть из них отсутствовала в кратковременной памяти в моменты принятия решений, что и приводило к резкому увеличению числа ошибок и противоречий.

Полученные в работе данные о среднем времени, затрачиваемом на вынесение суждения о принадлежности объекта к какому-либо классу, косвенным образом подтверждают это предположение. Среднее время на выполнение одной классификации в первой серии экспериментов составляет 14 с. А поскольку время, требуемое для фиксации информации в долговременной памяти, согласно данным [12], составляет порядка 5 с, то можно сделать вывод, что в процессе классификации нет активного обмена информацией между структурами долговременной и кратковременной памяти. Данные работы [2] свидетельствуют о том, что время выполнения одной операции в КП занимает около 100 мс. Несопоставимость этого времени с временем, требуемым для обращения к долговременной памяти, вынуждает систему переработки информации в КП минимизировать связи с долговременной памятью, замедляющие на два- три порядка скорость переработки информации

8.6. Анализ и обсуждение результатов второй серии экспериментов

Основная цель этой серии экспериментов заключалась в оценке того, как профессионалы справляются с задачами классификации и в какой мере выводы, полученные при работе с группами студентов и школьников, могут быть перенесены на реальные практические задачи классификации. Было проведено два эксперимента, в которых задача многокритериальной классификации была совмещена с профессиональными задачами испытуемых. В эксперименте 15 испытуемые классифицировали предлагаемые к публикации препринты ($N = 5$, $W = 3$, $P = 2$); при этом $E = 3,3$ (см. табл. 7.1). Проведенный анализ свидетельствовал, что все испытуемые (члены редакционно-издательского совета), кроме одного, справились с задачей классификации при двух классах решений. Анализ границ между классами свидетельствовал, что никто из испытуемых не использовал в процессе классификации более пяти правил, объединяющих элементы границ в структурные единицы информации.

Мы ожидали, что с усложнением задачи (эксперимент 16, 4 класса решений) увеличится, как и ранее, количество ошибок. Однако число ошибок оказалось даже меньшим (см. табл. 7.1). В связи с этим особый интерес представлял анализ стратегий испытуемых. Результаты анализа границ между классами свидетельствовали, что испытуемые резко упростили свои стратегии при возрастании сложности задачи. Поэтому двое из четырех испытуемых (в соответствии с критерием «сложность решающего правила») не справились с задачей классификации, несмотря на незначительное количество допущенных ошибок.

Число используемых при классификации правил не превышало объема КП. Следует отметить: несмотря на то что предметное содержание задачи классификации было близким для испытуемого по его профессиональной ориентации, сама задача классификации препринтов, представленных посредством описания их критериальных оценок, была для них новой.

Итак, можно сделать вывод, что поведение опытных специалистов, принимающих решение, при усложнении задач классификации отличается от поведения обычных людей. При решении новых, не повторяющихся в их практике задач классификации, сложность которых превышает границы их возможностей, они стремятся прежде всего быть последовательными, непротиворечивыми. Для этого они упрощают свою задачу, отбрасывая часть критериев из рассмотрения, переводя их в ограничения. Существенно упрощая при этом задачу, они практически решают вместо исходной задачи другую, приспособленную к реальным возможностям человеческой системы переработки информации.

8.7. Общее обсуждение

- Что же показывают полученные результаты? Прежде всего мы имеем доказательства существования поразительно четких границ возможностей человека в задачах многомерной классификации. Эти границы замаскированы у опытных ЛПР их умением явно упрощать задачу и переходить, по сути дела, к стратегии «последовательного исключения по аспектам», при которой нагрузка на кратковременную память минимальна, хотя сама задача искажается. Применительно к новым задачам многокритериальной классификации полученные в работе результаты позволили сделать заключение о возможностях человека при решении 90 разных по сложности задач классификации. Так, данные эксперимента 3, которые свидетельствовали, что решение задачи классификации объектов по трем классам, характеризуемых семью критериями и двумя градациями на шкалах их оценок, находится в пределах возможностей человека, позволили сделать выводы, что еще 12 заведомо более легких задач также находятся в пределах возможностей человека.
- Результаты оценки возможностей человека в задачах разной сложности сведены в след. табл., где в клетках указано предельное число критериев, при которых испытуемые еще справляются с задачей многокритериальной классификации. Невозможность решения задач, более сложных, чем указаны в табл., выражается в многочисленных противоречиях, в допускаемых ошибках или в упрощении задачи в ущерб ее содержательной стороне.

8.7. Общее обсуждение

Число критериев, при котором возможна классификация

Количество оценок на порядковых шкалах	Количество классов решений			
	2	3	4	5
2	7-8	6-7	4-5	3
3	5-6	3-4	2-3	2
4	3-4			

Обратимся к табл. При решении любой задачи классификации испытуемый должен учитывать все три основных параметра задачи: критерии, оценки на шкалах, классы решений. Если мы перемножим наибольшие значения этих параметров, приведенные в табл. 7.2, то получим значения в пределах 30—42. Как и Дж. Миллер, мы можем сделать вывод, что «разрешающие возможности» человека в задачах многомерной классификации не превышают шести двоичных единиц информации.

Возникает вопрос: насколько непреодолимы для человека очерченные выше границы? Есть ли возможности фактически расширить способности человека решать сложные многокритериальные задачи?

8.7. Общее обсуждение

Число критериев, при котором возможна классификация

Количество оценок на порядковых шкалах	Количество классов решений			
	2	3	4	5
2	7-8	6-7	4-5	3
3	5-6	3-4	2-3	2
4	3-4			

На наш взгляд, такие возможности имеются. Одна из них состоит в попытке заменить параллельные задачи с большой нагрузкой на кратковременную память последовательными задачами. Прежде всего следует упомянуть об иерархических решающих правилах, когда можно использовать иерархию классификаций. Необходимым условием для этого является содержательность для эксперта понятий, используемых на каждом уровне иерархии. Конечно, этот подход не универсален и в каждом случае должен применяться творчески. В специальных экспериментах нами проверялась эффективность различных стратегий выборочной классификации, при которой классификация осуществляется как бы последовательно (сначала выбираются все объекты, относящиеся к первому классу, затем — ко второму классу, и т. д.), что позволило уменьшить число допущенных ошибок в 1,5 раза по сравнению с условиями обычной классификации, когда испытуемый, последовательно рассматривая каждый объект, относит его к тому или иному классу.

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что существуют ограничения возможностей человека в широком круге интеллектуальных задач. Эти ограничения объективны и определяются особенностями человеческой системы переработки информации. Такие же пределы и ограничения можно установить и в других задачах принятия решений - нужны лишь новые критерии оценки поведения и новые эксперименты.

Выводы

1. Поведение человека в задачах принятия решений имеет специфические особенности, которые определяются характеристиками человеческой системы переработки информации. Эти особенности проявляются как в лабораторных экспериментах, так и в практических ситуациях. Многочисленные исследования поведения людей в реальной жизни (принятие политических решений, игра на скачках, игры на деньги) показывают, что здесь (хотя, возможно, и в другом виде) проявляются типичные черты поведения человека, определяемые характеристиками человеческой системы переработки информации.
2. Наиболее проверенной является модель системы переработки информации человеком, включающая три блока: сенсорную память, кратковременную память, долговременную память. Принятие решений осуществляется при активном использовании КП.
3. Человеческая система переработки информации прекрасно приспособлена к решению многих задач, с которыми человек сталкивается в своей жизни. В определенных пределах человек способен решать и многофакторные задачи - при небольшом числе факторов. Кроме того, человек обладает набором эвристик, позволяющих ему решать задачи любой сложности, предварительно упрощая их и приспособлявая к своим ограниченным возможностям. Но есть задачи, которые сложны для человека. В самом факте существования таких задач нет ничего удивительного. В конце концов, человек - биологическое существо, и его возможности ограничены физиологией. Человек не может прыгнуть на 5 м (с места, конечно), обходиться без воды 5 суток и т.д. Точно так же человек не может непосредственно учитывать много факторов без использования эвристик. А все эвристики обладают следующим свойством: они хороши для большинства случаев, но в некоторых - ведут к логическим ошибкам, противоречиям. Простой прием - пренебрежение малыми различиями в оценках двух альтернатив по критериям - вызывает нетранзитивность, как это убедительно показал А, Тверский [8].
4. Особенно трудны для человека появившиеся в последние десятилетия многокритериальные задачи, они часто и приводят к ошибкам и противоречиям в принятии решений.
5. На поведение человека большое влияние оказывает его умение преобразовывать исходную информацию, творчески формировать структурные единицы информации из исходного материала, использовать чанки, ранее запасенные в долговременной памяти. Именно эти способности наряду с характеристиками задачи существенно определяют человеческое поведение. При всем этом на поведение человека в задачах принятия решений оказывают сильное влияние объективные характеристики его системы переработки информации и прежде всего ограниченная емкость кратковременной памяти.

Библиографический список

1. Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения. М.: Прогресс, 1980.
2. Simon H. A. Information-processing models of cognition // J. Amer. Soc. Information Science. Sept. 1981.
3. Солсо Р. Л. Когнитивная психология. М.: Тривола, 1996.
4. Миллер Дж. А. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию // Инженерная психология. М.: Прогресс, 1964.
5. Солтхауз Г.А. Психологические аспекты машинописи // В мире науки. 1984. № 7.
6. Simon H. A. How big is a chunk // Science. 1974. № 183.
7. Виноградова О.С. Гиппокамп и проблемы памяти. М.: Наука, 1987.
8. Tversky A. Intransitivity of preferences // Psychological Review. 1969. № 76.
9. Simon H.A. Reason in Human Affairs. Stanford, California: Stanford University Press, 1983.
10. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука, 1987.
11. Russo J.E., Rosen L.D. An Eye Fixation Analysis Of Multiattribute Choice // Memory and cognition. 1975. № 3.
12. Саймой Г. Науки об искусственном. М.: Мир, 1972.
13. Bettman I., Kakkar P. Effects of information presentation format on consumer information acquisition strategies // J. Consumer Res. 1977. V.3.
14. Montgomery H., O. Svenson. A think-aloud study of dominance structuring in decision processes // H. Montgomery, O. Svenson (Eds.). Process and Structure on Human Decision Making Chichester J. Wiley and Sons, 1989.
15. Payne J. W., J. R. Bettman, E. Coupey, E. J. Johnson. A constructive process view of decision making: multiple strategies in judgment and choice // O. Huber, J. Mumpower, J. van der Pligt, P. Koele (Eds.). Current Themes in Psychological Decision Research. North Holland, Amsterdam, 1993.
16. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. О возможностях получения от человека непротиворечивых оценок многомерных альтернатив // Дескриптивный подход к изучению процессов принятия решений при многих критериях. Сб. тр. ВНИИСИ / Под ред. С. В. Емельянова и О. И. Ларичева. М., 1980. 9.