

Предисловие

Как неоднократно отмечал автор, к работам по обоснованию принципов построения СОИ пилотируемых КА привлекались многие университеты и институты страны. Одним из таковых был МГУ в лице кафедры высшей нервной деятельности.

Кафедра ВНД была создана в 1953г впервые в стране по инициативе ректора МГУ академика И.Г. Петровского. В период 1953-1980гг кафедрой руководил член-корреспондент АН СССР, лауреат Государственной премии СССР, доктор биологических наук Леонид Григорьевич Воронин.

Под его непосредственным руководством одним из коллективов кафедры (руководитель К. Иорданис, затем Л.Ф. Соловьева, Д.М. Рамендик) по заданию специализированного ОКБ ЛИИ были начаты работы по исследованию особенностей деятельности человека в сложных системах управления с использованием на уровне пультов иерархических способов представления информации и выдачи команд.

В главе 2 сборника “Эргономика. Принципы и рекомендации”. М. ВНИИТЭ, 1974г, стр. 43-58 изложены результаты этих исследований. Ответственным исполнителем данной работы был Б.Ф. Гулько, окончивший – факультет психологии МГУ в 1971 году. Об этом периоде он с юмором и сарказмом вспоминает:

“Работа нашей группы продолжалась после ухода из этого мира Иорданиса, тем не менее, столь же безмятежно, как и при нём. Я научился проводить исследования, которые требовались Заказчику. Первый шаг: вы должны понять, что вам и вашему заказчику требуется доказать. Второй шаг: вы строите эксперимент, из которого вытекает нужный вам вывод. Если вам потребуется доказать обратное доказанному, эксперимент нужно будет строить по иному. Навык такой научной работы у меня сохранился. И сейчас, когда я читаю о сенсационных открытиях, как то: люди, спящие меньше, живут дольше, я вижу, как построить исследование, чтобы доказать это. И, естественно, как доказать обратное.

Что толку с такого умения? Немного. По крайней мере, меня не завораживает фраза «Наука установила...»

Время от времени я ездил в командировки к Заказчику в Жуковское под Москвой. А заказчиком нашим был Лётно-Испытательный институт, тот самый, который запускал космические корабли. Моей самой несерьёзной формы допуска к секретам хватало на то, чтобы позвонить из проходной дававшему нам заказы Тяпченко, и потом погулять с ним по парку, примыкавшему с внешней стороны к забору института.

Как- то Тяпченко сказал мне:

- Ваша группа опережает по количеству внедрённых исследований два института инженерной психологии, которые мы содержим. У вас таких исследований два, у них – на два меньше.

После такой похвалы я решил не предупреждать своих сотрудников, когда пришло время уезжать на очередной турнир. Я надеялся, что моё отсутствие не

будет замечено – время сдачи очередного исследования было не близко. Но когда через три недели я появился в комнате №24 загорелый и довольный, последовало замечание:

– Что-то в день зарплаты тебя не было видно».

Б.Ф. Гулько впоследствии стал гражданином США. Он единственный, кто имеет титул чемпиона СССР и США по шахматам, стал религиозным человеком и много пишет о религии. Сейчас он может шутить или даже издеваться над своим прошлым. Но тогда Б.Ф. Гулько нашел подход к решению поставленной задачи и ее решил. При этом перед ним не возникало проблемы выбора методики исследований в зависимости от постановки задачи заказчиком. Не было необходимости и подстраиваться под заранее заданные заказчиком выводы.

Работа для СОКБ ЛИИ была важной. От ее результатов зависел выбор направления развития СОИ пилотируемых КА. О том, что эти работы велись в интересах пилотируемой космонавтики он знал, и поэтому относился к ним серьезно.

Исследования проведены на абстрактных моделях. В последующем выводы были подтверждены на кафедре ВНД МГУ экспериментальными исследованиями эффективности работы операторов на пультах с иерархическим способом избирания объектов управления. Специальные экспериментальные пульта кафедре предоставлялись СОКБ ЛИИ. Выбранная по результатам исследований структура пультов внедрена в СОИ ДЭС «МИР».

Ю.А. Тяпченко 24.12.207г.

Государственный комитет Совета Министров СССР
по науке и технике

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ

ЭРГОНОМИКА

принципы
и рекомендации

7

1974

МОСКВА

1974

А в т о р ы

Ю.А.Тяпченко, Д.Н.Лавров, С.Т.Марченко, В.П.Конарев, Л.Б.Седякова, С.Г.Горенцкий (гл. I); Б.Ф.Гулько, Л.Ф.Соловьева, Ю.А.Тяпченко (гл. II); А.Н.Строкина, В.Б.Лидова, И.Ю.Плехинен (гл. III); Ю.Ф.Гущин, А.А.Пископель (гл. IV); Т.П.Зинченко, В.Г.Гребень (гл. V); Л.Г.Дикая (гл. VI); К.В.Шнейдерман (гл. VII)

В сборнике помещены новые материалы, посвященные организации исполнительской деятельности операторов. Продолжается освещение уже известных читателям предыдущих выпусков аспектов эргономики и инженерной психологии, связанных с проектированием средств отображения информации, оценкой систем "человек машина". Специальное внимание уделено эргономическим принципам конструирования рабочих сидений.

Р е д к о л л е г и я

В.П.Зинченко; А.Н.Леонтьев, В.М.Мунипов, А.Н.Строкина

ГЛАВА П. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОГО СПОСОБА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Постановка задачи

Известно, что система любой сложности может быть представлена в виде иерархического дерева. Структура дерева (число ярусов и число ветвей, исходящих из узлов дерева) может быть различной и определяется теми признаками, по которым производится деление системы на подсистемы, агрегаты, блоки, субблоки и т.д. Так, например, в любом достаточно сложном объекте можно выделить систему энергоснабжения, энергетическую, транспортную (например, систему транспортировки рабочего тела-топлива от емкостей до потребителей через распределительные устройства), информационную и др. В свою очередь энергетическая система может быть представлена в виде первичной распределительной сети и вторичных источников. Первичная сеть может состоять из основных и резервных каналов и т.д.

Эту же систему можно представить и в виде двухъярусного дерева. Например, в виде подсистем, в каждую из которых входят конечные устройства. Управление последними обеспечивает выполнение всех задач, возложенных на систему в целом.

Современные системы отличаются большой сложностью. Число объектов, подлежащих отображению, превышает тысячи. Имеющиеся средства отображения позволяют создавать достаточно гибкие и компактные системы отображения (СОИ) на основе использования принципов сжатия или принципов поэтапного представления информации. Системы отображения построены по иерархическому принципу в соответствии с иерархией объектов (систем) управления или иерархией функций (целей) и могут способствовать существенному упрощению практической реализации принципов сжатия в вышеупомянутом смысле.

Оставляя в стороне вопросы представления объектов (или функции) в виде иерархического дерева, т.е. вопросы, связанные с классификацией и с выбором классификационных признаков, мы предприняли попытку дать ответы на основные, с нашей точки зрения, вопросы, связанные со структурой деревьев в принципе.

1. Какое дерево при одном и том же общем числе объектов управления лучше: с большим числом уровней (ярусов) и малым числом ветвей, исходящих из узла дерева, или с меньшим числом уровней и большим числом ветвей?

2. Каково допустимо максимальное число ярусов при управлении, если оператору представляется дерево поиска нужного объекта, т.е. при опоре на зрительное восприятие дерева, и без представления оператору такого дерева, но при знании правил его образования?

Вопросы, аналогичные представленным выше, в теории программированного обучения решались К.М.Шоломием [10], который считает, что управление умственной деятельностью учащихся осуществляется на основе обучения их приемам умственных действий различного типа, в частности алгоритмам. Л.Н.Ланда [7] показал, что логическая структура признаков определяет не один какой-то алгоритм, а их множество. Они различаются между собой последовательностью, по которой выполняется проверка отдельных признаков. Таким образом, возникает вопрос о решении задачи оптимизации алгоритма.

Алгоритм распознавания может быть представлен как дерево правил, выполнение которых приведет к распознаванию объекта. В этом смысле понятие "алгоритм распознавания" аналогично понятию "иерархическая структура правил, определяющих задачи управления АСУ". Поэтому результаты работы по оптимизации алгоритмов распознавания имеют большое значение для нашей темы.

К.М.Шоломий сравнивает по фактору оптимальности дихотомические и политомические алгоритмы (при дихотомических алгоритмах условные переходы от одного яруса к другому осуществляются только на основе альтернативного выбора между наличием признака и его отсутствием, когда коэффициент иерархичности равен 2; при политомических алгоритмах число альтернатив обычно больше двух). Исследование К.М.Шоломий показывает, что политомические

алгоритмы оптимальнее дихотомических. Далее К.М.Шоломия утверждает следующее:

1) наиболее рационально дерево правил, в котором максимальная по числу признаков категория расположена в начале дерева;

2) если число признаков, по которым распознается объект, не более трех, то наиболее рационально дерево с минимальным средним числом признаков на маршрут β_{cp} :

$$\beta_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \beta_j,$$

где n - число маршрутов;

β_j - число признаков на j -й маршрут.

Выводы К.М.Шоломия относительно соотношений дихотомического и полиномического алгоритмов распознавания, а также относительно первого утверждения вполне могут быть распространены на деревья правил, по которым протекает деятельность операторов АСУ. Локальное второе утверждение сделано для алгоритмов распознавания, число ярусов в которых не больше трех и общее количество правил примерно равно 20. Объясняется такое ограничение зоны "работы" второго утверждения объемом оперативной памяти, равным 4 - 6 единицам. Как установила Г.В.Репкина [9], чем больше промежуточных единиц приходится забывать в процессе решения, тем задача труднее. Отсюда максимальное число ярусов меньше или равно четырем.

Работа оператора АСУ по иерархически построенным правилам в этом смысле значительно отличается от деятельности, осуществляемой по алгоритму распознавания. Другие, перцептивная и мыслительная, нагрузки определяют иную нагрузку на оперативную память и позволяют работать с деревом правил, на последнем ярусе которого находятся тысячи правил.

Приняв как доказанное для иерархии правил соотношение между дихотомическими и полиномическими структурами, а также первое утверждение К.М.Шоломия, мы подвергли экспериментальному исследованию вопрос о том, как влияют находящиеся в обратной пропорциональной зависимости величины количества ярусов и коэффициент иерархичности дерева правил на рациональность этого дерева.

Непосредственное проведение исследований конкретных иерархически построенных систем отображения сопряжено с необходимостью создания сложных экспериментальных установок и обучения на них операторов управлению моделируемыми процессами. В связи с этим возникает трудность принципиального характера, заключающаяся в практической невозможности психофизиологических исследований деятельности операторов во вновь создаваемой сложной системе управления на этапе ее проектирования. Поэтому задача состояла в разработке такой модельной установки, которая позволила бы получить ответ на поставленные вопросы хотя бы в качественном виде.

Задача создания экспериментального пульта состоит из двух подзадач:

а) отображение иерархического дерева с числом ветвей до тысячи и выбор таких правил его построения, которые оператор мог бы запомнить (он должен с их помощью решать поставленные перед ним задачи как с деревом, так и без него);

б) выбор экспериментальных задач, решаемых по иерархическому правилу построения.

В качестве решаемой задачи операторам предлагалось передвигать фишку вверх посредством отдельных ходов по экспериментальному полю. Число клеток, на которые оператор должен продвинуться вверх, определялось по мнемосхеме дерева правил в зависимости от номера хода (1, 2, 3 для дерева с коэффициентом иерархичности $K_H = 3$; 1, 2, 3, 4 — для дерева с $K_H = 4$ и т.д.), от местоположения клетки на поле и ее параметров (наличие, цвет и тип геометрической фигуры, буквы в ней).

В первой серии экспериментов оператор работал, пользуясь мнемосхемой дерева правил, во второй — без нее.

Изображение на пульте деревьев правил с числом ветвей порядка тысячи имело бы громоздкий вид. Так, при шаге изображения ветвей последнего уровня, равном 1 мм, длина схемы с $N_D = 1024$ была бы более одного метра. Поэтому на рис. 1 и 2 показаны деревья с $K_H = 3$ и $K_H = 4$ в сжатом виде. Возможность сжатия дерева основана на следующем.

Каждое правило предыдущего уровня расшифровывается K правилами данного уровня. При этом если первая ветвь предыдущего



Рис. 1. Мнемосхема дерева правил с коэффициентом иерархичности, равным 3



Рис. 2. Мнемосхема дерева правил с коэффициентом иерархичности, равным 4

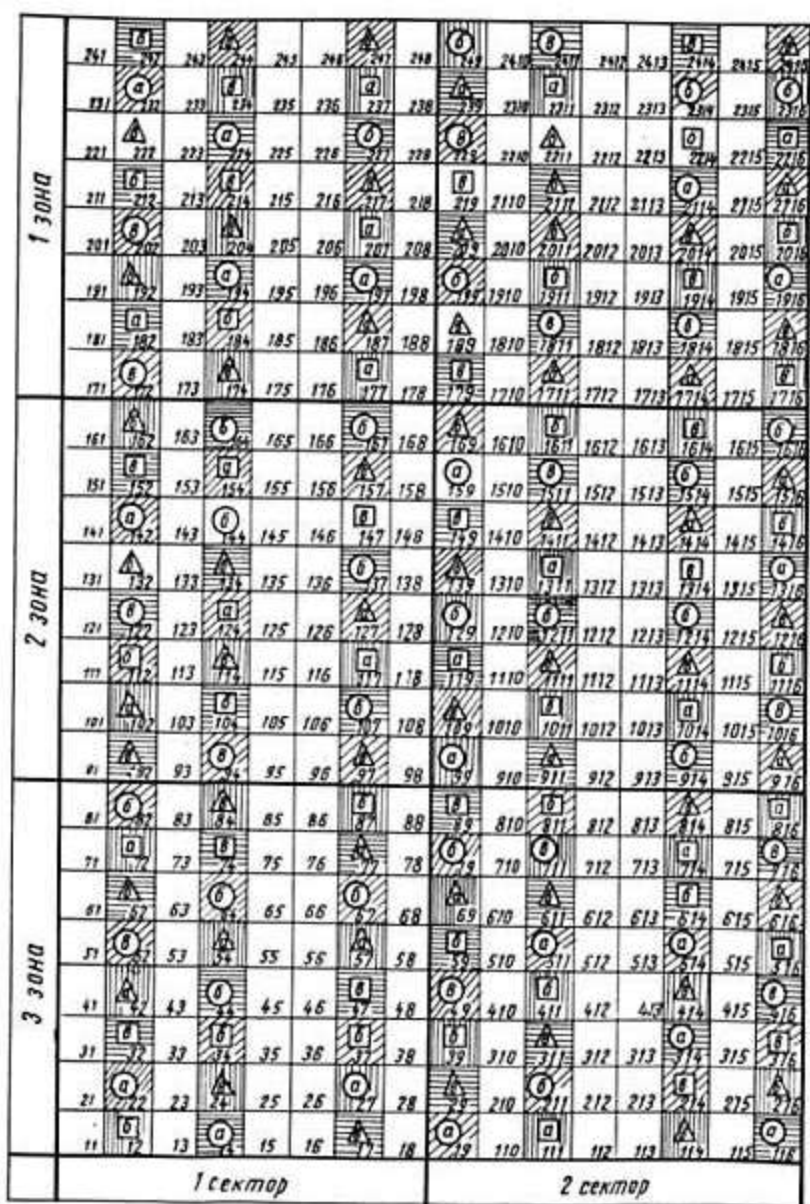
уровня, например ветвь "правило α " на рис.1, определяется по факторам данного уровня (второго) правилами X, Y, Z , то вторая ветвь ("правило β ") может быть однозначно определена набором правил, записанных в последовательности Y, Z, X , и третья ветвь ("правило γ ") - последовательностью Z, X, Y . Каждая последовательность получена путем круговой перестановки предыдущей последовательности. Так как каждое правило предыдущего уровня для факторов данного уровня читается одним из трех (соответственно для дерева с $K_H = 4$ - четырех и $K_H = 5$ - пяти) способов ($X, Y, Z; Y, Z, X; Z, X, Y$), то правила, имеющие одинаковое значение, на языке следующего уровня обозначались одной буквой алфавита и расшифровка на языке следующего уровня давалась лишь для одной из одноименных ветвей. Благодаря этому первый уровень на стенде имел K ветвей, остальные - по K^2 ветвей. Под каждым правилом последнего уровня указано, на сколько клеток вверх по вертикали необходимо продвинуть фишку на рабочем поле испытуемого, фрагмент которого для $K = 3$ показан на рис.3 (фишку можно передвигать на $1, 2, \dots, K$ клеток).

Характеристики полей приведены в табл.1. Каждое поле имело число зон и секторов, равное K . Каждая клеточка окрашивалась в соответствующие цвета; на полях $K = 3, K = 4$ цвет строго чередовался, ячейки по диагоналям, опускающимся слева направо, были одинакового цвета. Остальные признаки назначались случайно, но таким образом, чтобы по вертикали было не более 12 ходов. На поле $K = 5$ цвет ячеек назначался из условия обеспечения 12 ходов по вертикали, т.е. 12 ходов на маршрут.

Рассмотрим на конкретном примере порядок работы испытуемых. Ячейку, с которой должен начинать работу испытуемый, определяет экспериментатор. Пусть это ячейка 17 на рис.3, первый ход. Ячейка 17 описывается следующими признаками: сектор I - левый, зона 3 - нижняя, цвет - зеленый, фигура "треугольник", буква "в". Запомнив признаки, оператор далее работает с деревом правил для рассматриваемого поля (см. рис.1).

Шаг I - определение ветви первого уровня. Номер хода, как указано выше, задан экспериментатором. В данном примере это "ход I - правило α ".

Шаг 2 - поиск ветви, соответствующей левому сектору, и определенного правила. Это ветвь "левый сектор - X". Так как от данного прямоугольника нет ветвей, то оператор продолжает






 *красный*
 *голубой*
 *зеленый*

Рис. 3. Фрагмент экспериментального поля для дерева правд с $K_n = 3$

Параметры экспериментальных полей

Серии	Ячейки		Зоны	Секторы	Кодирование ячеек			
	к-во	размер, см			Цвет	Геометрические фигуры	Буквы	
Первая поле I	24x24	48x48	3	3	Красный Синий Зеленый	Круг Квадрат Треугольник	а б в	
	поле 2	24x24	48x48	4	4	Красный Синий Зеленый Желтый	Круг Квадрат Треугольник Ромб	Нет
	поле 3	25x25	50x50	5	5	Красный Синий Зеленый Желтый Коричневый	Нет	—
Вторая поле I	24x24	48x48	3	Нет	Красный Синий Зеленый	Круг Квадрат Треугольник	а б в	
	поле 2	24x24	48x48	4	—	Красный Синий Зеленый Желтый	Круг Квадрат Треугольник Ромб	Нет
	поле 3	25x25	50x50	5	—	Красный Синий Зеленый Желтый Коричневый	Нет	—

поиск прямоугольника с ветвями (правило X), в данном ярусе это "центральный сектор - правило X". Осуществляется переход на ярус 3.

Шаг 3 - поиск ветви, соответствующей нижней зоне Π Переход к прямоугольнику в данном ярусе с правилом Π и ветвями. Это "средняя зона - правило Π ". Переход к ярусу 4.

Шаг 4 - поиск ветви с зеленым прямоугольником. Это "правило A". Прямоугольник имеет исходящие ветви, поэтому осуществляется переход непосредственно к ярусу 5.

Шаг 5 - поиск ветвей с фигурой "треугольник". Это прямоугольник \square - правило A. Поиск треугольника с правилом A, имеющего исходящие ветви. Это \square - правило A. Осуществляется переход к ярусу 6.

Шаг 6 - поиск ветви с прямоугольником, содержащим букву "в". Это "b - правило f".

Шаг 7 - поиск числа, которое определяет движение фишки по экспериментальному полю вверх. В данном случае правило предписывает продвижение фишки на три клетки вверх. Испытуемый устанавливает фишку на ячейку 47. Окончание хода I.

Далее операции повторяются, но уже по ветви "ход 2 - правило в", в соответствии с признаками, указанными в ячейке 47 и определяемыми ее местоположением (зона и сектор).

Работа по другим полям и деревьям правил производится аналогичным образом, но, естественно, с меньшим числом шагов.

Экспериментатор регистрирует время на каждый ход (после того, как оператор назовет ячейку, на которую необходимо установить фишку) и общее время на маршрут - выход на верхнюю ячейку заданной вертикали.

Во второй серии оператор решает аналогичную задачу, но без помощи мнемосхемы дерева правил.

Как было указано выше, изучению подвергались иерархии, на нижнем ярусе которых находились тысячи правил - такое количество правил примерно соответствует количеству деревьев, определяющих работу оператора в сложных АСУ.

Эксперимент проводился для двух видов работы оператора - с предоставлением иерархии правил оператору в виде мнемосхемы

и для режима, когда оператор владеет алгоритмом, порождающим дерево правил. В первом случае сложность дерева выражается в перцептивной нагрузке, во втором - в интеллектуальной. Так как при возможности различного построения дерева правил коэффициент иерархичности K и число ярусов (уровней) n находятся в обратно пропорциональной зависимости, то здесь для каждого вида деятельности сравнивались иерархии правил с параметрами, указанными в табл. 2. Относительной постоянной для деревьев правил было произведение $K \cdot n$. Показателем трудности работы испытуемого было взято время решения одной задачи. Это, как показал К.В.Бардия [1], более чуткий индикатор, чем количество ошибок. Эксперимент продолжается до тех пор, пока время решения испытуемым одной задачи не стабилизируется.

Т а б л и ц а 2

Параметры дерева правил и распределение испытуемых

Серия	Номер дерева правил	коэффициент деления K	число уровней n	Параметр $P=Kn$	Общее число ветвей N	число ветвей на нижнем уровне дерева	Номер группы испытуемых	Кол-во испытуемых	Последовательность работ группы
Первая	1	3	6	18	1092	729		6	-
	2	4	5	20	1364	1024	2	6	-
	3	5	4	20	760	625	3	6	-
Вторая	1	3	5	15	363	243	1, 2, 3	18	1-2-3
	2	4	4	16	340	256	1, 2, 3	18	1-2-3
	3	5	3	15	155	125	1, 2, 3	18	

Во время эксперимента испытуемый сидит перед столом. На столе, расположенном под углом 80° к испытуемому, помещается экспериментальное поле размерами 48×48 см. На расстоянии 75 см от испытуемого под углом 105° к столу помещается мнемосхема с деревом правил, по которым испытуемый решает задачу.

Слева от испытуемого располагается экспериментатор, который дает ему инструкции перед экспериментом и ручным секундомером фиксирует время решения каждой задачи. В случае неправильного решения испытуемому предлагают решить задачу

вновь. Это служит отрицательным подкреплением на плохую работу, и при появлении у испытуемого симптомов усталости продолжение эксперимента переносится на другой день.

В начале эксперимента испытуемому предлагалось, работая с мнемосхемой, пользоваться указкой и произносить правила вслух. По мере овладения деятельностью испытуемый переходил к работе без указки и повторял правила про себя. Такой метод обучения соответствует теории поэтапного формирования умственных действий, разработанной П.Я.Гальпериным и др. [4], и обеспечивает более быстрое овладение деятельностью.

Во второй серии давались несколько измененные по сравнению с первой серией задачи: в иерархиях правил для всех трех задач был исключен ярус, связанный с номером сектора, так как решение задач в прежнем виде в этой серии вызывало серьезные затруднения у первых испытуемых.

В период уяснения инструкции испытуемый должен был запомнить, какие ярусы составляют дерево правил и какие альтернативы существуют на каждом ярусе. Фактически испытуемый должен был усвоить описанный выше универсальный принцип, по которому строились все деревья правил использованных нами экспериментальных задач. Поскольку важна последовательность факторов, определяющих выбор правил на каждом уровне, то она оставалась неизменной во всех задачах обеих серий экспериментов.

Во второй серии испытуемые начинали работу с того же типа задач, что и в первой серии. На экспериментальном поле для этой задачи испытуемые проделывали по 5 маршрутов от нижнего края поля до верхнего - всего решали 60 задач. После дополнительных инструкций испытуемые решали по столько же задач на двух других экспериментальных полях. Последовательность решения испытуемыми задач была составлена так, что каждую задачу 6 испытуемых решали в первую очередь, 6 - во вторую, 6 - в третью (см. табл.2).

Благодаря такой постановке эксперимента мы можем изучать время решения разных задач испытуемыми, находящимися на одном уровне обученности (данные по первой, второй и третьей очереди), способность решения одними испытуемыми разных задач (данные по трем группам) и среднее время решения разных задач всеми испытуемыми. В последнем случае (он нас интересует более других) мы нейтрализуем влияние индивидуальных различий. При этом мы имеем данные о решении каждой задачи 18 испытуемыми.

Результаты экспериментов

Среднее время на один ход в начале обучения испытуемого при работе с деревом правил $K = 3$ рассчитывалось так (табл.3):

$$t_{03} = \frac{t_{13} + t_{23} + t_{33}}{3},$$

где t_{13} , t_{23} , t_{33} - время, затраченное на первый, второй и третий ходы.

Т а б л и ц а 3

Результаты экспериментов первой серии

Г р у п п ы								
первая			вторая			третья		
Испытуе- мые	t_{03}	t_{K3}	Испытуе- мые	t_{04}	t_{K4}	Испытуе- мые	t_{05}	t_{K5}
	сек			сек			сек	
I.1.	66	18	2.1.	40	10	3.1.	37	8
I.2.	65	18	2.2.	48	10	3.2.	27	8
I.3.	55	17	2.3.	38	10	3.3.	34	7
I.4.	55	17	2.4.	43	11	3.4.	30	7
I.5.	47	16	2.5.	42	10	3.5.	34	9
I.6.	78	17	2.6.	41	9	3.6.	30	9
$\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 t$	61	17	-	42	10	-	32	8
б	9,98	0,76	-	3,11	0,58	-	3,32	0,82

Среднее время, затраченное на один ход в конце обучения при работе по тому же дереву, вычислялось по формуле

$$t_{K3} = \frac{t_{(n-2)3} + t_{(n-1)3} + t_{n3}}{3},$$

где t_n - время, затраченное оператором на последний ход.

Аналогичным образом рассчитывались t_{04} , t_{K4} , t_{05} , t_{K5} для экспериментов с деревьями $K = 4$ и $K = 5$ (рис. 4 и 5).

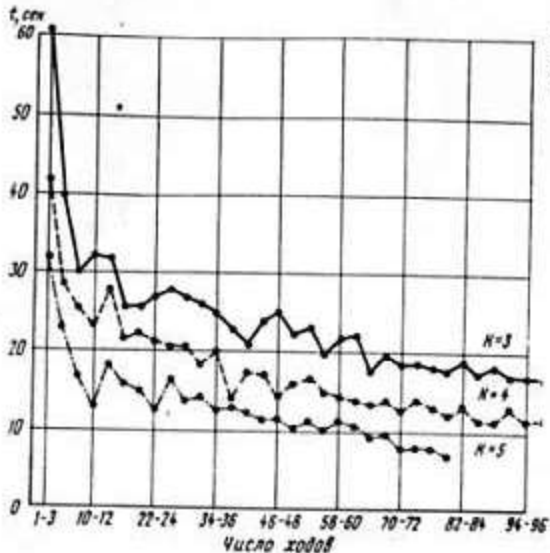


Рис. 4. Усредненные зависимости времени решения задач в процессе обучения по ходам

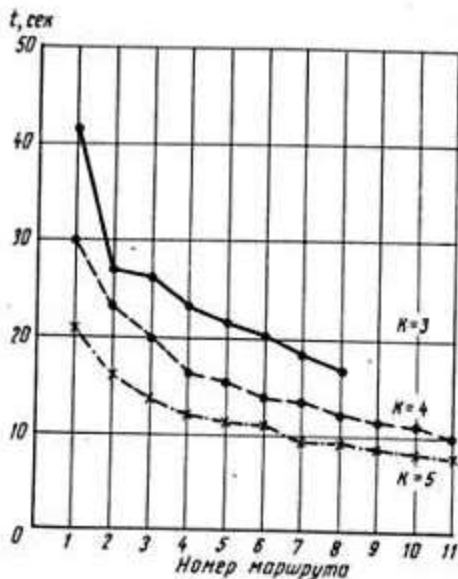


Рис. 5. Усредненные зависимости среднего времени решения задач в процессе обучения по маршрутам

Среднее время решения задачи, рассчитанное для каждого испытуемого при работе на каждом из экспериментальных полей, приведено в табл. 4. Результаты работы всех испытуемых по каждому дереву составили, сек:

	$K = 3$	$K = 4$	$K = 5$
$t_{cp} \dots$	16,60	15,90	12,10
$\sigma \dots$	6,63	7,73	2,64

Аналогично данным рис. 4 на рис. 6 приведены графики обучения испытуемых каждой из трех задач.

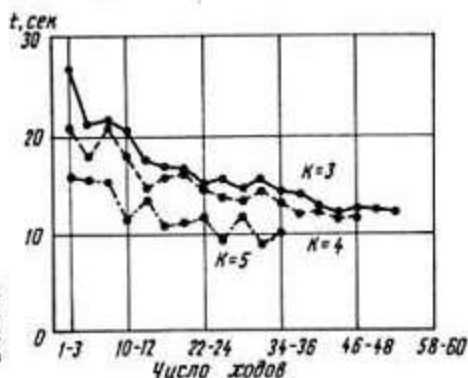


Рис. 6. Усредненные зависимости среднего времени решения задач в процессе обучения по ходам при работе без мнемосхемы дерева правил

Таблица 4

Среднее время решения задачи каждым испытуемым

Номер испытуемого	Г р у п п ы								
	первая			вторая			третья		
	$K = 5$	$K = 4$	$K = 3$	$K = 4$	$K = 3$	$K = 5$	$K = 3$	$K = 5$	$K = 4$
1	8	25,5	15,2	25,9	14,5	11,3	21,3	13,2	12,8
2	13,1	10,3	18,5	22,3	10,8	14,1	48,6	6,8	10,3
3	7,8	17,3	11,9	26,6	19,5	13	16,3	14,2	7,3
4	10,1	11,3	10,5	28	14,9	16,1	18,4	17,1	6,3
5	14,1	8,0	9,1	24,4	20,2	8,8	9,3	12,0	9,8
6	11	10,3	11	25	16	13,9	22	12,4	9,0
$\frac{1}{6} \Sigma$	10,6	13,3	11	25,4	16	13,4	22,8	12,2	9,2
σ	2,71	6,97	7,1	1,22	3,09	8,66	12,05	4,46	2,3

При сравнении трех типов задач с $K=3$, $K=4$ и $K=5$ показателем субъективной трудности задачи, принятой нами, является среднее время решения t_{cp} . Известно, что время решения в общем случае определяется: количеством признаков; количеством объектов, т.е. количеством возможных комбинаций признаков; количеством возможных реакций, числом ступеней проверки признаков; величиной условных вероятностей отдельных признаков и безусловных вероятностей их комбинаций; способностями испытуемых; степенью их тренированности; различием в значимых признаках; наличием помех и некоторыми другими [2, 3, 5, 6, 8].

В первой серии экспериментов, где значительной составляющей процесса решения является перцептивный процесс, различия во времени решения, обусловленные индивидуальными характеристиками испытуемых, невелики [2]. Когда фактор быстроты восприятия инструкции сгладился и достигнута одинаковая тренированность испытуемых (кривая времени решения вышла на плато), величина σ по группам незначительна и равна соответственно 0,76; 0,58 и 0,82 (см. табл.3). Следовательно, различия во времени решения у разных групп испытуемых определяют структуру задач. Тогда, на основе данных первой серии экспериментов, представляется возможным сделать главный вывод.

Основную трудность при решении задач с иерархически построенными правилами ($K \leq 5$, $n \leq 6$) с опорой на зрительное восприятие дерева правил создает количество ярусов дерева правил (n). Другими словами, наилучшим для работы является дерево правил с возможно меньшим количеством ярусов и с возможно максимальным коэффициентом иерархичности (рис. 7).

Важно подчеркнуть, что трудность задач увеличивается не пропорционально увеличению количества ярусов, а по возрастающей. Так, среднее время задачи решения с $K_n = 3$ обученного испытуемого 17 сек, задачи $K_n = 4$ — 10 сек и K_n от 5 до 8 сек. При увеличении количества ярусов на два среднее время решения увеличивается более чем в два раза. Объяснить это можно на основании работы Г.В.Репкиной [9], которая доказала, что сложность задачи возрастает по мере увеличения количества промежуточных единиц, с которыми испытуемый оперирует в ходе решения задачи. Определяющим является объем оперативной памяти, равный

4 - 6 единицам. Испытуемые в рассматриваемых задачах находились в этой самой критической зоне.

Во второй серии экспериментов деятельность испытуемых имела иную структуру. Прежде всего нагрузка на память носила существенно другой характер. Если в первой серии, при работе с опорой на зрительное восприятие дерева правил, испытуемый запоминал параметры клетки - условия задачи, то во второй серии в оперативной памяти испытуемого находились в каждый данный момент результаты работы с правилами предыдущих ярусов дерева, а также порядок и "качество" этих ярусов, извлекаемые из долговременной памяти. Параметры же клетки находились у испытуемого перед глазами.

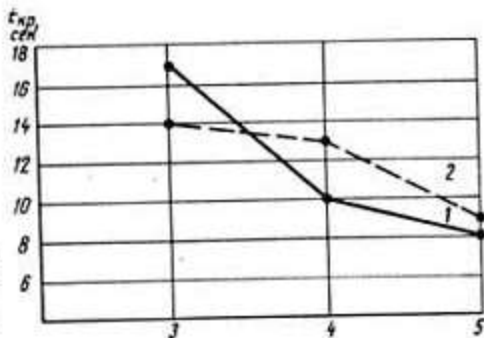


Рис. 7. Зависимость среднего времени решения задачи от коэффициента иерархичности:
1 - с мнемосхемой дерева правил; 2 - без нее

Такую нагрузку на оперативную память во второй серии определяет мыслительный компонент, являющийся основным в структуре деятельности испытуемых в этой серии. По этой же причине вопрос об индивидуальных различиях испытуемых, несущественный в первой серии, приобретает здесь большое значение.

Для получения достоверных результатов численность испытуемых была увеличена с 6 до 18 человек. При этом каждую задачу решали одни и те же испытуемые. Для уравнивания фактора тренированности, как описано в методике, каждая группа по 6 испытуемых решала каждую задачу на разной стадии тренировки.

Вывод, который можно сделать из анализа результатов второй серии экспериментов при режиме работы, когда структура дерева правил перенесена во внутренний план оператора, аналогичен выводу из первой серии эксперимента: основным фактором, определяющим трудность задач с иерархически построенными пра-