

**Когнитивная психология**

© 1998 г. А.В. Варганов, Г.В. Лосик, С.Н. Сыромятников

**ОСОБЕННОСТИ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ  
РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВ  
У ЛИЦ С НОРМАЛЬНЫМ ЗРЕНИЕМ И У СЛЕПЫХ\***

Ориентировку людей с нормальным зрением и слепых в реальном пространстве (на примере расположения станций московского метрополитена) и информационном (виртуальном) пространстве компьютера (файловая структура компьютерной системы "База данных Москва") изучали через сравнение семантических структур, сформированных в обыденной практике. Методами многомерного шкалирования показано, что, хотя взаимное расположение станций метрополитена обычно отображается на плоскости, размерность соответствующего ментального пространства у зрячих и слепых испытуемых равна трем, т.е. реальное пространство существенно трансформируется при построении ментальной модели. Показано принципиальное сходство ментальных структур, складывающихся в практике испытуемых и обеспечивающих ориентировку в физическом и информационном пространствах.

*Ключевые слова:* ментальные репрезентации, физическое пространство, виртуальное пространство, нормальное зрение, слепота, многомерное шкалирование.

Ментальное (психическое) пространство представляет собой обобщенный образ или модель предметной действительности и позволяет человеку эффективно ориентироваться в среде, совершая мысленные действия (операции) в этом пространстве. Ментальное пространство имеет свою метрику, размерность и шкалы, которые могут отличаться от соответствующих параметров физического пространства, поскольку каждый индивид на основе своего опыта преломляет объективный порядок окружающих предметов через призму их функционального участия и значимости в его жизни. Субъект, формируя субъективную "физику" и "геометрию" окружающего мира из объективной, обеспечивает возможность мысленных манипуляций с образами предметов внешнего мира и повышает эффективность ориентировки в мире.

В процессе формирования такой ментальной модели большую роль играют процессы вербализации и семантической формализации персонального опыта средствами национального языка, в котором закреплён соответствующий социальный опыт. Ментальное пространство, построенное с помощью вербальных понятий, организованных в определенную систему, можно обозначить как семантическое пространство. Сложные явления окружающей действительности, в том числе и явления,

\* Исследование проведено при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, код проекта № 96-0304357.



фиксируемые в абстрактных понятиях или образы фантазии, также упорядочиваются в некоторую семантическую систему, ориентировка в которой может осуществляться с помощью не только образных, но и чисто лингвистических средств.

К таким преимущественно информационным "виртуальным" объектам можно отнести, например, компьютерные программы, файлы, логические диски. При этом следует обратить внимание, что на заре развития компьютерной техники ориентировка обслуживающих эти машины людей осуществлялась преимущественно на основе специальных лингвистических средств, обусловленных технической возможностью взаимодействия с компьютером в основном через алфавитно-цифровые устройства ввода-вывода: языки программирования и управления компьютером; операции с файлами посредством указания их точного имени или адреса и т.д. Эти средства в силу технической преемственности сохранились и в некоторых современных операционных системах, эксплуатируемых, например, на персональных компьютерах типа IBM (базовые возможности MS DOS и др.). Тем не менее развитие вычислительной техники и эволюция программных средств явно направлена на реализацию преимуществ пространственно-образной ориентировки человека при управлении компьютером (операционные средства типа Windows, мультимедийные системы, игровые программы на основе эффектов "виртуальной реальности" и т.п.). Эти средства, однако, рассчитаны, как правило, в основном на зрительное восприятие человека и не могут способствовать эффективной работе с компьютером незрячего пользователя.

Между тем, существуют специальные программно-технические средства, например, синтезатор русской речи "Фонемофон", разработанный в лаборатории автоматического распознавания и синтеза речи Института кибернетики АН Беларуси, которые применяются для организации слухового интерфейса в автоматизированном рабочем месте для незрячих русскоязычных пользователей. В связи с этим возникают следующие вопросы, определившие цели данного экспериментального исследования.

1) В какой степени ментальная модель реального пространственного расположения объектов, которые невозможно непосредственно воспринять в рамках единой зрительной сцены, формируется как пространственная структура у людей с нормальным зрением и слепых?

2) Формируется ли ментальная модель пространственного характера у людей с нормальным зрением при освоении информационной системы, искусственные логические элементы которой никак не связаны с реальными физическими пространственными соотношениями?

3) Каковы условия и средства формирования ментальных моделей пространственного характера у слепых?

## МЕТОДИКА

Ориентировку людей с нормальным и сильно нарушенным зрением (слепых) в естественных условиях реального пространства и информационного (виртуального) пространства компьютера изучали через сравнение семантических структур, сформированных в обыденной практике. Ориентировку в реальном пространстве, в котором роль непосредственного зрительного восприятия сведена к минимуму, исследовали на примере расположения станций московского метрополитена. В экспериментах принимали участие четыре испытуемых с нормальным зрением и двое полностью слепых. Все зрячие испытуемые являлись постоянными жителями г. Москвы и имели многолетний опыт использования метро как основного вида транспорта. Один слепой испытуемый, являясь коренным москвичом, хорошо ориентировался в метро, самостоятельно используя его для целей своего передвижения. Другой незрячий испытуемый имел несколько меньший опыт проживания в Москве (около трех лет) и самостоятельно передвигался в метро еще не по всем линиям.

Задачей испытуемых было: оценить попарные расстояния между некоторыми станциями метро по их названиям на основании своего опыта передвижений. Использовали только хорошо знакомые испытуемым названия станций кольцевой линии, а также некоторые станции центра и одной из радиальных линий. В эксперименте использовали 17 названий станций метро,



**Показатели размерности семантических пространств при оценке расстояний между станциями метро**

№	Зрячие испытуемые (усредненные данные)		Незрячие испытуемые			
	Собств. значения	Коэфф. коррел.	Большой опыт		Небольшой опыт	
			Собств. значения	Коэфф. коррел.	Собств. значения	Коэфф. коррел.
1	110.3983	.80592	85.7472	.76615	80.4180	.61360
2	50.1956	.94221	42.6626	.87625	46.9361	.76867
3	24.4777	.97057	25.0814	.90275	33.6297	.88567
4	13.8295	.98288	15.1466	.91827	17.6693	.90383
5	10.0232	.98504	12.3591	.93691	11.4563	.90663
6	5.8514	.98628	11.2586	.95098	10.4012	.91564
7	4.8638	.98711	4.8118	.95143	7.9504	.91741
8	3.6310	.98824	4.1603	.95678	5.9322	.92160
9	3.3154	.99003	.0000		1.9729	.92876
10	1.0213	.99044	-.5320		.0000	
11	.0000		-1.4112		-.2532	
12	-2.0497		-2.1781		-3.1890	
13	-3.4178		-4.0068		-4.4388	
14	-4.8619		-7.0826		-6.3949	
15	-5.8418		-9.9455		-11.6994	
16	-6.1835		-12.5050		-12.7405	
17	-8.3894		-19.9045		-23.3561	

которые образовывали 136 парных сочетаний, предъявляемых компьютером с помощью синтезатора речи на слух в случайном порядке по 2 раза каждое. Различия оценивались в баллах от 0 до 9 (максимально большое расстояние между станциями) путем нажатия соответствующей клавиши на клавиатуре компьютера.

Процесс формирования ментальной схемы для ориентировки в явлениях, лежащих вне физического пространства, исследовали на примере взаимодействия человека с компьютером. Объектами ориентировки выступали файлы, содержащие различную информацию и упорядоченные в определенную структуру: эмулировалась файловая структура известной большой компьютерной системы "База данных Москва", в каждом из файлов которой содержался только текстовый комментарий, кратко описывающий его назначение.

Испытуемые с нормальным зрением в специальной обучающей серии осваивали эту, первоначально незнакомую для них информационную систему, пользуясь при этом обычными программными средствами типа Norton Commander и MS DOS. При овладении этой информационной системой незрячими испытуемыми использовали специальные программные средства, основанные на звуковом интерфейсе. В контрольной серии опытов испытуемым, успешно усвоившим расположение файлов в этой информационной системе, предлагали оценить попарные расстояния между некоторыми файлами, обозначаемыми по их содержанию. В этой серии использовали 19 информационных объектов, образующих 171 пару сочетаний, которые предъявляли с помощью синтезатора речи на слух в случайном порядке не менее чем по два раза каждое сочетание. Оценка различий осуществлялась также, как в предыдущей серии.

Полученные оценки в каждой из экспериментальных серий сводили в матрицы различий, которые в необходимых случаях усредняли по предъявлениям и обрабатывали метрическим методом многомерного шкалирования [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**1. Реальное пространство, зрячие испытуемые.** Индивидуальная обработка данных, полученных на испытуемых с нормальным зрением, выявила их достаточно высокое сходство, поэтому все их оценки были усреднены и представлены в виде одной

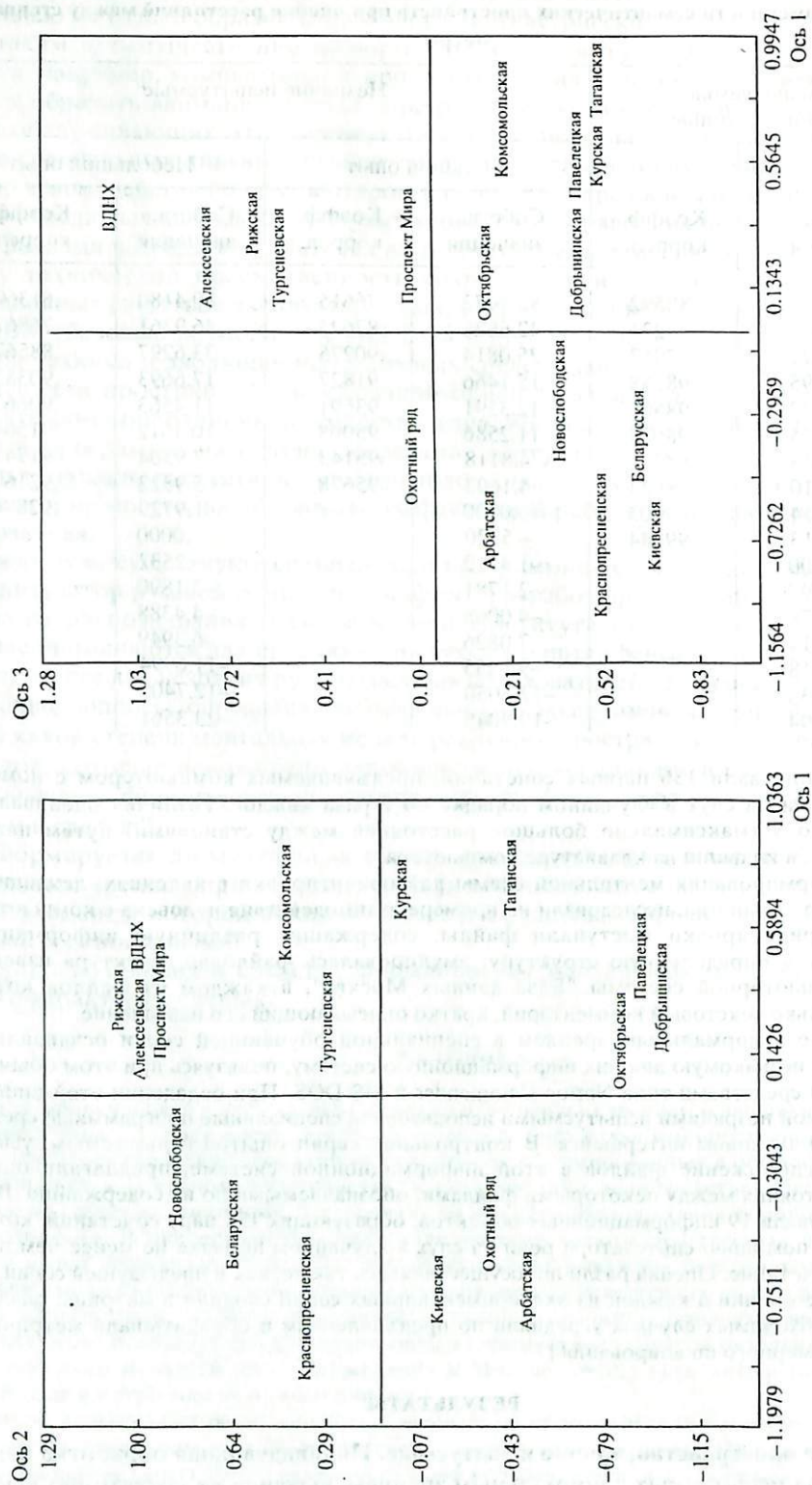


Рис. 1. Семантическое пространство, отображающее расположение станций метро. Усредненные данные по четырем зрячим испытуемым. Проекция на плоскость, образованную осями 1 и 2 (а), 1 и 3 (б). Здесь и далее положение точки совпадает с началом слова.

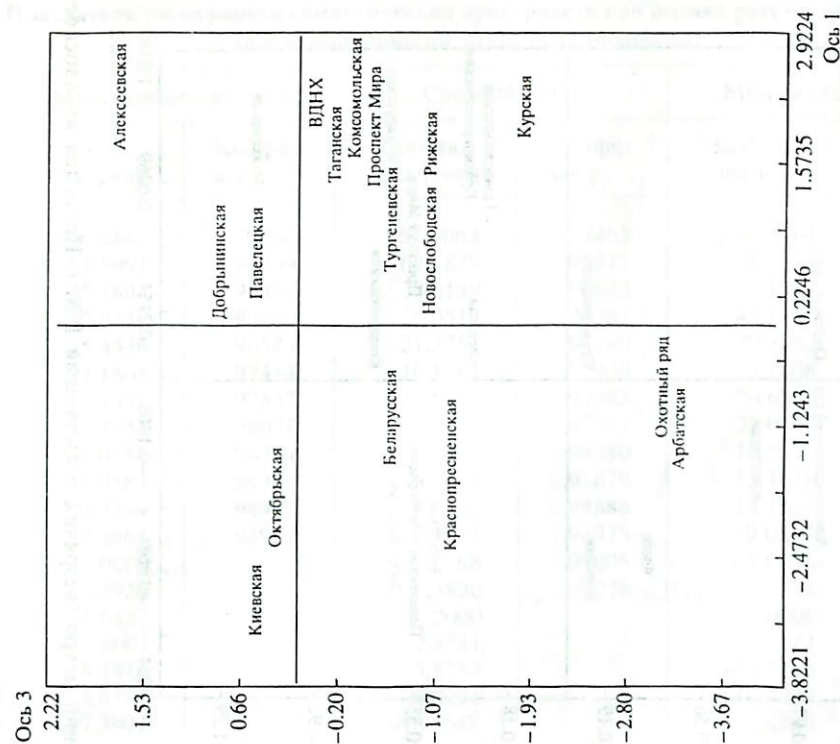
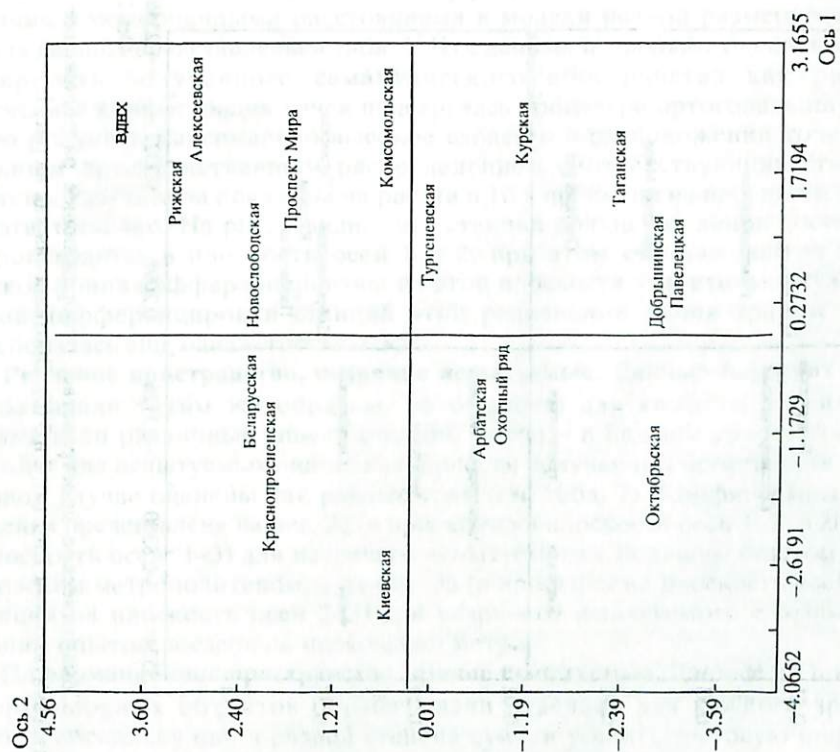


Рис. 2. Семантическое пространство, отображающее расположение станций метро (незрячий испытуемый Ш.О.). Проекция на плоскость, образованную осями 1 и 2 (а), 1 и 3 (б). Обозначения как на рис. 1.



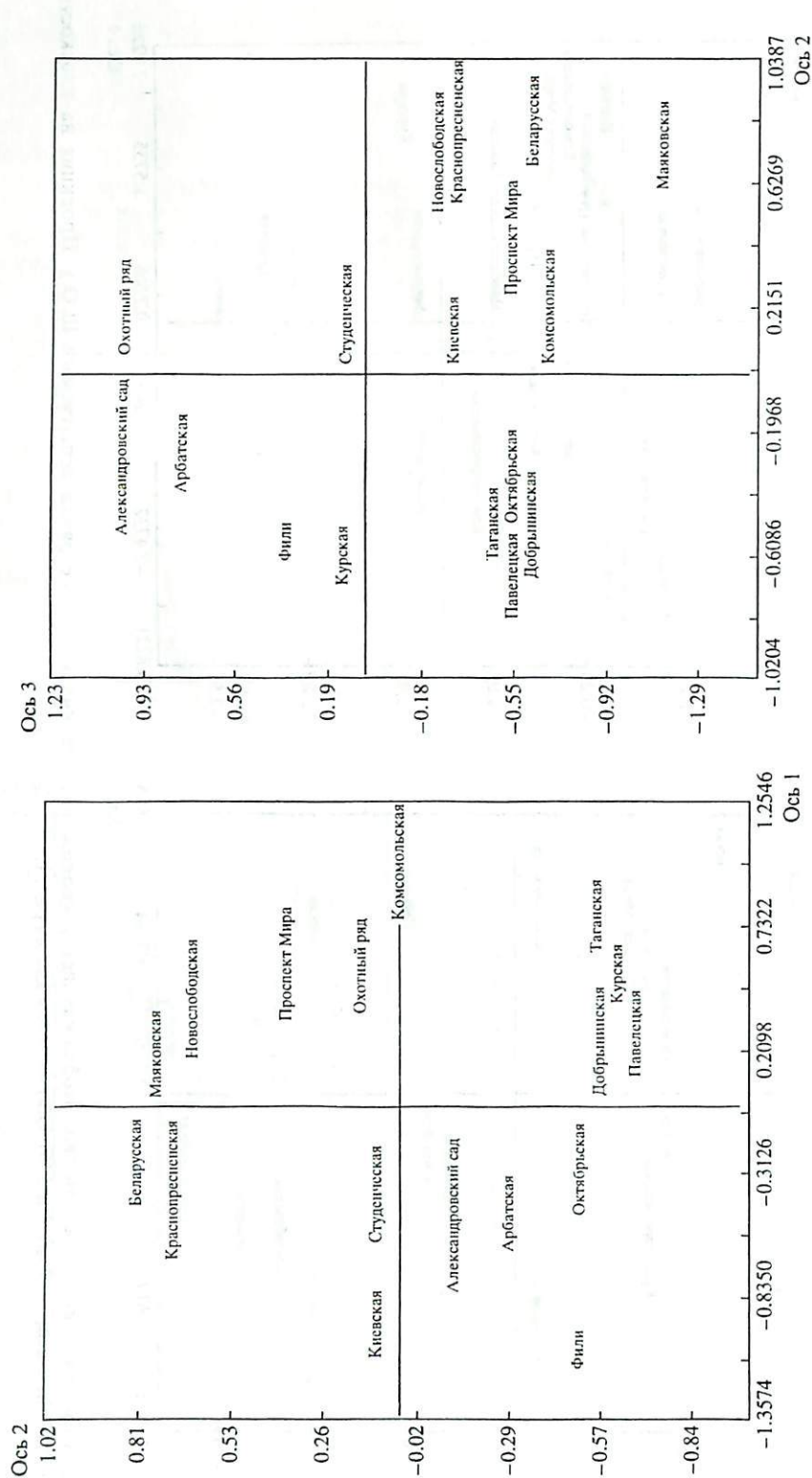


Рис. 3. Семантическое пространство, отображающее расположение станций метро (незрячий испытуемый В.М.). Проекция на плоскость, образованную осями 1 и 2 (а), 2 и 3 (б). Обозначения как на рис. 1.

**Показатели размерности семантических пространств при оценке расстояний между информационными объектами (файлами)**

№	Максимальный опыт		Средний опыт		Минимальный опыт	
	Собств. значения	Коэфф. корр.	Собств. значения	Коэфф. корр.	Собств. значения	Коэфф. корр.
1	196.4464	.89100	157.9083	.73465	86.8167	.53510
2	51.5991	.92059	62.5879	.95872	65.5575	.59115
3	35.1694	.93557	38.0149	.96642	54.5941	.68605
4	30.0147	.96100	26.0519	.96367	45.1180	.70797
5	25.4536	.96524	21.2251	.94790	39.3082	.74960
6	21.1868	.97414	16.1981	.95930	33.1608	.79483
7	15.1558	.97537	15.5836	.97463	26.6150	.84150
8	12.5231	.98021	9.0116	.97927	22.0343	.86875
9	6.0754	.98454	8.2226	.98350	16.3313	.87692
10	5.9583	.98761	6.7041	.98679	15.1518	.87294
11	3.2459	.98927	5.5552	.98886	13.1639	.90071
12	2.2863	.98922	2.4823	.98975	9.0667	.92216
13	.0000		1.2168	.99005	3.6734	.92743
14	-.7920		.3830	.99026	.5774	.92826
15	-1.6422		.0000		.0000	
16	-3.6007		-2.4741		-5.2181	
17	-8.1914		-5.8757		-13.3315	
18	-14.4585		-8.8271		-19.4320	
19	-17.5997		-13.5648		-32.4243	

модели. Собственные значения и коэффициенты корреляции исходных оценок различия с межточечными расстояниями в модели разной размерности для усредненных данных представлены в табл. 1. Эти данные позволяют оценить минимальную размерность полученного семантического пространства как равную трем. Полученная конфигурация точек подверглась процедуре ортогонального вращения с целью получить максимально высокое сходство в расположении точек-стимулов с реальным пространственным распределением соответствующих станций метрополитена. Результаты показаны на рис. 1а и 1б в проекции на плоскости осей 1–2, и 1–3, соответственно. На рис. 1 видно, что станции кольцевой линии достаточно точно воспроизводятся в плоскости осей 1 и 2, при этом станции центра и Калужско-Рижской линии дифференцированы на этой плоскости значительно хуже. Для более точной дифференцировки станций этой радиальной линии зрячим испытуемым потребовалась еще одна – третья – ось.

**2. Реальное пространство, незрячие испытуемые.** Данные незрячих испытуемых обрабатывали таким же образом, но отдельно для каждого из них, поскольку использовали различные списки станций метро – в каждом случае только хорошо знакомые для испытуемых линии. Размерности полученных пространств могут быть и в данном случае оценены как равные трем (см. табл. 1). Конфигурация точек после вращения представлена на рис. 2а (в проекции на плоскости осей 1–2) и 2б (в проекции на плоскость осей 1–3) для незрячего испытуемого с большим опытом пользования московским метрополитеном, а на рис. 3а (в проекции на плоскость осей 1–2) и 3б (в проекции на плоскость осей 2–3) для незрячего испытуемого с относительно небольшим опытом поездок на московском метро.

**3. Информационное пространство, зрячие испытуемые.** Данные по шкалированию информационных объектов обрабатывали отдельно для каждого зрячего испытуемого, поскольку они в разной степени сумели усвоить тестовую информацию. В табл. 2 приведены результаты для трех из них, на основании которых можно оценить



размерности полученных семантических пространств. Испытуемые в этой таблице упорядочены по степени усвоения материала. Один из них, имеющий максимальный опыт работы с этими объектами, непосредственно участвовал в подготовке стимульного материала, внося исправления во все файлы информационной системы (несколько дней работы) и хорошо ориентировался в ее логике и организации (знаком с работой "Базы данных Москва"). Меньшими знаниями об этой информационной системе владел испытуемый, потративший два дня на исследование тестовой файловой структуры, хорошо ее освоивший, но не участвовавший в подготовке тестового материала. Испытуемый, имевший минимальный опыт работы, исследовал данный тестовый материал всего в течение двух часов и не был сильно мотивирован в его изучении.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что испытуемые при усвоении данного тестового материала ориентируются в нем на основании некоторой модели, формализующей их знания в пространственной форме. Это проявляется в первую очередь в том, что они принимают задачу оценки расстояний между информационными объектами аналогично пространственным расстояниям между объектами физического пространства: полученные оценки носят не случайный характер, а с большей или меньшей эффективностью отражают реальные информационные отношения этих объектов. При этом качество усвоения информационной структуры объектов и опыт работы с ней влияют на точность и достоверность реконструкции ментальной модели и проявляются в размерности семантического пространства (размерность увеличивается с уменьшением опыта), а также в точности производимых оценок (величиной ошибки), что отражается в коэффициентах корреляции. Конкретные карты расположения информационных объектов в семантическом пространстве этих испытуемых из-за недостатка места в данной работе не приводятся.

#### **4. Незрячие пользователи персонального компьютера и информационных систем.**

Незрячий человек, как и зрячий, воспринимает компьютер как одно из средств оргтехники, инструмент по обработке и хранению информации. Наблюдения за обучением работе на компьютере незрячего пользователя позволяют отметить, что такой пользователь формирует в памяти а) тактильный образ геометрической формы и физических характеристик клавиатуры, лицевой панели компьютера и синтезатора речи, названия некоторых частей персонального компьютера; б) образ информационного устройства компьютера (структуру логических дисков и дерево адресов файлов), емкостных характеристик и других свойств разных частей этой системы; в) образ информационных возможностей типовых программных средств типа DOS, Norton Commander и др.

Главное отличие незрячего пользователя от зрячего заключается в невозможности эффективного использования возможностей программных продуктов, основанных на визуализации информации. Опытные незрячие пользователи компьютера привыкли работать с ним только на уровне алфавитно-цифрового интерфейса и в совершенстве владеют классическими приемами командного управления, знают соответствующие языки. Поэтому им, например, проще запомнить и указать полное имя требуемого файла и его адрес (директорию) средствами DOS, чем отыскивать этот файл перебором и просмотром директорий продуктами типа Norton Commander, даже в случае, если им предоставляется звуковой интерфейс.

Таким образом, психический образ информационной структуры компьютера незрячих пользователей складывается в специфических условиях и имеет черты, характерные в большей степени не для пространственного представления, а для формально-логического. В ходе данного исследования это проявилось, в частности, в том, что незрячие пользователи не приняли задачи по шкалированию расстояний между тестовыми информационными объектами, использованными в предыдущей серии для зрячих пользователей.

Нежелание формировать ментальный образ тестовой файловой структуры обосновывалось одним из незрячих испытуемых, например, тем, что ему в этом нет



практической необходимости, поскольку при возникновении потребности найти какой-либо из файлов достаточно просто указать его имя и адрес, файлы можно рассортировать по какому-либо формальному признаку (например, по алфавиту) и хранить в записной книжке, не "засоряя" свою память лишней информацией. Между тем, отсутствие средств, побуждающих незрячих пользователей компьютера к формированию ментального образа пространственного типа, приводит к специфическим трудностям и специальным требованиям при эксплуатации ими компьютера. Вариативность состава и конструктивных особенностей различных персональных компьютеров, гибкая система структуризации информационного пространства дисков, широкий набор программных средств, различным образом решающих сходные задачи – т.е. то, что считается достоинством современного компьютера, – усложняет работу незрячего пользователя, излишне загружает его память.

Как показывает наблюдение, эффективная работа незрячего пользователя с помощью существующих средств его взаимодействия с компьютером предполагает относительное постоянство конфигурации компьютера и стабильность формы информационного дискового пространства.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты свидетельствуют, что формируемое представление имеет пространственный характер с определенными метрическими характеристиками (размерность и шкалы) в тех случаях, когда это позволяют имеющиеся в распоряжении человека средства познания окружающего мира. И зрячие, и незрячие люди, находящиеся в одинаковых условиях, формируют практически одинаковый образ расположения станций московского метрополитена, который значительно отличается и от реальной пространственной схемы расположения этих станций, и от стандартных плоских схем, широко используемых для ориентировки пассажиров в метро. Метрическая модель такого же типа строится для ориентировки и в информационном, или "виртуальном", пространстве.

Деформация субъективного пространственного представления по отношению к объективному может быть связана с двумя тенденциями, повышающими эффективность ориентировки – тенденцией субъекта разобщить "близкие" образы с целью избежать ошибок неразличения этих образов при обращении к ним, и тенденцией сделать равно актуальные для субъекта образы приблизительно равнодоступными для мысленных манипуляций. В последнем случае обнаруживается тенденция расположить их по поверхности сферы, в центре которой условно находится объект манипуляций.

Такая эгоцентрическая тенденция характерна для определенного уровня развития интеллекта ребенка [6], однако, как показывают полученные результаты, может обнаруживаться и у взрослых людей в тех случаях, когда их представления еще не достигли дефинитивной формы. Так, на рис. 3б можно видеть, что в центре координатной системы семантического пространства (внутри кольцевой линии) для незрячего испытуемого с небольшим опытом поездок в московском метро оказалась станция Студенческая, – рядом с которой и живет данный испытуемый.

Полученные результаты демонстрируют тесную взаимную связь пространственного образа и семантических представлений, указывают на общие принципы их формирования. Учитывая ранее проведенные исследования семантических и перцептивных пространств на примере цветовосприятия и семантики цвета [2, 5], а также закономерностей их формирования [1, 4] и трансформации в условиях информационных нагрузок [3], можно предположить, что нейронные механизмы, лежащие в основе формирования и функционирования ментальной пространственной модели, и нейронные механизмы семантического кодирования, обеспечивающие построение ментальной модели информационных объектов, тождественны, т.е. имеется единый нейронный механизм формирования некоторого интегрированного многомерного



экрана (его можно назвать "высшим когнитивным экраном") на основе индивидуального опыта.

На этом экране, благодаря установившимся связям между нейронами, представлены одновременно и объекты окружающей среды, и объекты "виртуальной реальности", — абстрактные, не данные в чувственной форме понятия. Если допустить, что организация этого нейронного экрана позволяет осуществлять определенные преобразования его "содержимого", то из вышесказанного следует, что и соответствующие этим преобразованиям ментальные действия и когнитивные операции должны быть одинаковыми как для образов реальных объектов внешней среды, так и для "виртуальных" объектов.

Но так как ориентировка на основе умственных действий с образами объектов внешней среды будет адекватна только в случае, если эти действия будут точно соответствовать по своему результату аналогичным физическим действиям человека во внешней среде, то из этого, в свою очередь, следует, что возможные способы действий с абстрактными информационными объектами аналогичны мыслительным действиям и операциям с чувственно представляемыми объектами. Таким образом, полученные данные позволяют высказать предположение о единстве процессов полученного и семантического кодирования.

Выявленные особенности пространственных представлений при работе с информационными системами зрячих и незрячих пользователей открывают возможность разработки методик, повышающих качество обучения практическим навыкам использования персонального компьютера в целях профессионального совершенствования и восстановления трудоспособности при дефектах зрительного анализатора. Полученные результаты позволяют поставить задачу разработки таких средств взаимодействия незрячего пользователя с компьютером, которые бы дали ему возможность использовать принципы пространственной ориентировки в информационной системе компьютера.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартанов А.В., Нгуен Б.Т. Формирование семантического цветового пространства при усвоении иностранных языков. Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 14. Психология. 1995. № 2. С. 29–46.
2. Вартанов А.В., Соколов Е.Н. Роль первой и второй сигнальных систем в соотношении семантического и перцептивного цветовых пространств. 1995. Журн. в. нервн. деят. Т. 45. Вып. 2. С. 343–357.
3. Данилова Н.Н., Онищенко В., Сыромятников С.Н. Трансформация семантического пространства терминов состояния под влиянием информационной нагрузки в условиях дефицита времени. Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 14. Психология. 1990. № 4. С. 29–40.
4. Измайлов Ч.А., Соколов Е.Н., Сукретная Л.П., Шехтер Л.М. Семантическое пространство искусственных цветовых названий. Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 14. Психология. 1992. № 3. С. 3–14.
5. Соколов Е.Н., Вартанов А.В. К исследованию семантического пространства. Психологический журнал, 1987. № 2. С. 58–65.
6. Piaget J., Inhelder B. The child's conception of space. London: Routledge and Kegan Paul. 1956.
7. Torgerson W.S. Theory and Methods of Scaling. N.Y. Willey, 1958. P. 227–297.