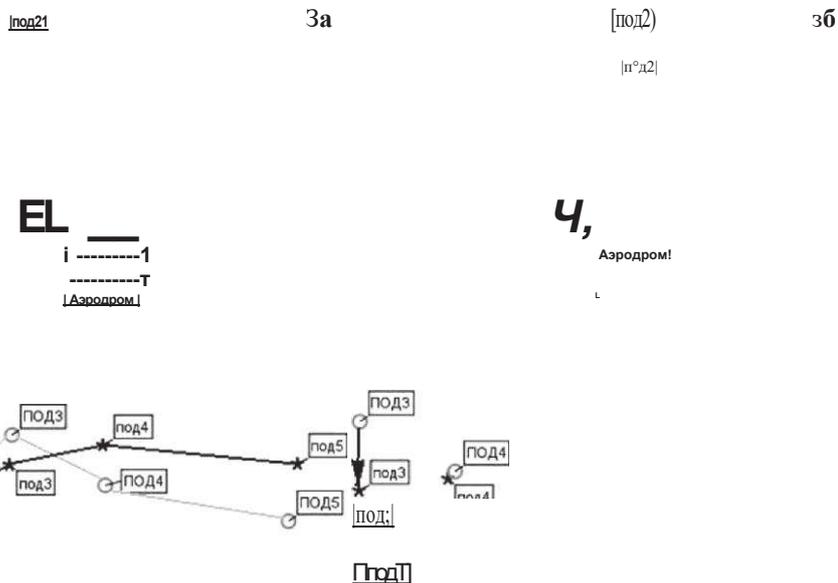


**Рис. 2.** Субъективные географические представления о Московском Кремле, выявленные с помощью разных методов (данные одного испытуемого) **2а** – объективное расположение стен и башен Московского Кремля; **2б** – когнитивная карта Московского Кремля, построенная с помощью ММШ на основе попарных оценок расстояний испытуемым; **2в** – когнитивная карта Московского Кремля, построенная по результатам ментального сканирования; **2г** – набросок карандашом стен и башен Московского Кремля.

6,75 условных километра, а между реальными расстояниями и их оценками по прямой равнялось 7,19 условных километра. Разница в отклонениях не была существенной. Нужно отметить, что приблизительно в 88 % случаев<sup>1</sup> испытуемые практически не ошибались в оценках расстояний (различия между этими оценками и реальными дистанциями не были значимыми). Общая конфигурация расположения пунктов донесения также достаточно точно передавалась при использовании как одного, так и другого метода. Сконструированные испытуемыми макеты и карты, построенные по результатам многомерного шкалирования, находились в хорошем соответствии с реальными изображениями местности (см. рисунок 3а, б).

<sup>1</sup> Такая точность демонстрируется в большинстве исследований представлений об окружающем пространстве (см.: Evans, 1980).



**Рис. 3.** Субъективные представления авиадиспетчеров о зоне полетов, выявленные с помощью разных методов **3а** - когнитивная карта зоны полетов, построенная с помощью ММШ на основе попарных оценок расстояний между аэродромом и пятью пунктами обязательного донесения (средние данные по группе авиадиспетчеров). Серыми кругами и заглавными буквами обозначено объективное расположение аэродрома и пунктов донесений (ПОД). Звездочками и строчными буквами обозначено субъективное представление о расположении пунктов донесения (под). Линиями соединены пункты донесения, расположенные на одной из трасс: серой линией отмечена реальная конфигурация, черной - ментальная. **3б** - усредненная модель зоны полетов, построенная с помощью ММШ на основе расстояний, измеренных на макетах, выполненных авиадиспетчерами. Обозначение те же, что и на рисунке **3а**. Стрелкой указано значимое смещение локуса в субъективном представлении по сравнению с его объективным расположением.

Однако и в том, и в другом случае выявлялись некоторые отклонения и искажения<sup>1</sup>. И эти неточности носили различный характер при использовании разных методов реконструкции реального пространства. Для сравнения оценок расстояний, полученных двумя разными способами, было произведено вычисление ранговых корреляций между нормированными расстояниями по данным реконструкции и субъективным оценкам длины дистанций. Не было установлено никаких значимых зависимостей между двумя рядами оценок расстояний. Такой результат требовал объяснения. В частности, был сделан вывод, что установление относительных расстояний в процессе построения макета и оценка расстояний по прямой основываются на двух механизмах, которые связаны с использованием разной пространственной информации и разных способах их ментального представления. Можно было предположить, что в процессе оценок дистанций в условных единицах или километрах испытуемые опирались на метрическую информацию.

1 Их подробный анализ можно найти в одной из наших предыдущих статей (Блиникова, Капица, Барлас, 2000).



При этом, оценивая расстояния между двумя отдельными точками, они, скорее всего, представляют себе анализируемое пространство не целиком, а лишь по отдельным частям, которые могут быть не до конца согласованы друг с другом. В этом случае ментальное пространство формируется путем совмещения нескольких планов. В процессе построения макета испытуемые вынуждены согласовывать отдельные представления в целостный образ. В некотором смысле они опираются на топологические построения, которые детализируются метрическими данными. Здесь встает очень важный вопрос о типах пространственной информации и их соотношении с измерительными шкалами.

### **Методы шкалирования в исследованиях пространственных представлений**

Возможно, главный вопрос, волнующий исследователей, всегда заключался в установлении соответствия параметров внешнего пространства и субъективных представлений о нем (Evans, 1980; Eilam, McCarthy, Brewer, 1993; Newcombe, Huttenlocher, 2000). В такой формулировке он выступает как классическая психофизическая проблема и требует для решения психофизических методов.

Психофизические методы традиционно подразделяются на методы косвенного, или объективного шкалирования и методы прямого, или субъективного шкалирования (см.: Бардин, 1976; Гусев, Измайлов, Михалевкая, 1997; Никандров, 2003). Первый класс методов опирается на постулат Г. Фехнера о невозможности прямой субъективной оценки субъектом величины ощущений. Классические психофизические методы, предложенные Г. Фехнером, ставят перед испытуемым простую задачу классификации собственных состояний сознания. При этом в большинстве случаев классификация осуществляется по двум категориям: категория «есть» (различие между актуальным и предыдущим состоянием существует) и категория «нет» (различие отсутствует, т. е. состояние остается точно таким, как было). Простые ответы испытуемых трансформируются в сложные модели взаимосвязей между физическими и субъективными характеристиками стимулов. Методы прямого или субъективного шкалирования связаны с более сложными для испытуемых задачами. С. Стивенс доверил участникам психофизических экспериментов не только простую классификацию стимулов по двум категориям, но также и их количественную оценку. Для осуществления такой оценки испытуемым задается ситуация сравнения двух стимулов (один из которых является эталонным) и предлагается определить, во сколько раз (или на сколько) тот или иной параметр одного стимула больше или меньше параметра другого стимула. Прямые шкалы по способу их построения образуют две основные группы: 1) шкалы, основанные на определении отношений между параметрами; 2) шкалы, основанные на определении непосредственных величин параметров стимулов.

При исследовании пространственных представлений наиболее частым оцениваемым параметром является расстояния между двумя точками или локусами заданного пространства, а также углы между векторами. Оценка дистанций является достаточно простой задачей по сравнению с оценкой других свойств окружающего мира, например, освещенностью, громкостью, интенсивностью запахов и т. д. Оценки и истинные расстояния обычно связаны прямолинейной функцией, при этом точность оценок высока. Возможно, именно поэтому в исследованиях пространст-

И. В. Блиникова

венных представлений в большинстве случаев использовались методы *прямого шкалирования*, когда испытуемые оценивали расстояния в метрических единицах или соотносили их с эталонным.

Классические психофизические методы в исследованиях представлений об окружающем пространстве практически не используются. Однако если ориентироваться на их существенные характеристики как *непрямых методов* шкалирования, то можно выделить два типа процедур, наиболее к ним приближенных: это процедуры триадического сравнения и процедуры выявления расстояний и других пространственных параметров на основании времени ментального сканирования пространственных конфигураций. Конечно, это абсолютно разные процедуры: их объединяет только то, что, участвуя в них, испытуемые не оценивают дистанции или углы в заданных единицах измерения. Метрическая информация устанавливается с помощью последующих достаточно сложных трансформаций, осуществляемых по определенным правилам и базирующихся на ряде допущений.

Сравнение точности различных процедур шкалирования приводит к следующим выводам: результирующая пространственная конфигурация отличается при использовании разных методов, но в целом все они дают хорошее приближение к реальным пространственным характеристикам. В двух исследованиях, проведенных нами в реабилитационном центре для слепых г. Бийска, зрячие и незрячие испытуемые должны были шкалировать расстояния между несколькими объектами территории этого центра. В одном случае они должны были сравнивать локу-сы по их близости/удаленности в триадах (процедура триадического сравнения), в другом – проводить относительную оценку расстояний в условных единицах путем сгибания проволоки, ориентируясь на заданный эталон. Использование методов многомерного шкалирования позволило построить две результирующие модели.

Анализ методик шкалирования показывает, что разные процедуры обращаются к разным типам пространственной информации. В исследованиях пространственных представлений выделяется три типа пространственной информации: топологическая, проективная и метрическая. Использование методов прямого шкалирования пространственных отношений предполагает непосредственную оценку дистанций в метрических или условных единицах. Эти техники актуализируют метрическую информацию, хранящуюся в памяти, и в дальнейшую обработку поступают количественные оценки. С некоторым допущением можно сказать, что при получении пространственной информации на основании времени ментального сканирования происходит обращение к проективной информации, которая предполагает наложение нескольких перспектив. На сегодняшний момент математические средства работы с такого рода информацией разработаны недостаточно.

Выявление меры близости с помощью ряда искусственных техник, например, с помощью триадического сравнения или ранжирования расстояний между двумя точками, предполагает использование топологической информации. Получаемая топологическая информация путем приписывания баллов и последующей обработки с помощью многомерного шкалирования преобразуется в метрическую. Данные разного типа требуют разной математической обработки. В частности,

метрические варианты многомерного шкалирования (Torgerson, 1952) были дополнены возможностями конструирования пространства на основе порядковых данных (Kruskal, 1964; Shepard, 1962). Однако вопрос о психологических основаниях и интерпретации такой процедуры не ставился. В психологии на этот вопрос можно найти два конфликтующих ответа.

Ж. Пиаже и Б. Инельдер (Piaget, Inhelder, 1966), анализируя рисунки детей в возрасте от 3 до 12 лет, передающих пространственное расположение объектов, показали, что в процессе онтогенеза три типа пространственных отношений сменяют друг друга. В этой трактовке топологическая информация является слишком неточной, недостаточно дифференцированной и структурированной, чтобы быть основой сколько-нибудь адекватных представлений об окружающем пространстве<sup>1</sup>. Однако Ж. Пэлю (Pailhoux, 1970) в исследованиях актуалгенеза пространственных представлений при освоении новой местности взрослыми людьми обнаружил, что они сначала используют метрику в описаниях и изображениях пространства, а затем опираются на топологическую информацию<sup>2</sup> (это было подтверждено впо-1). В исследовании детям разного возраста предъявлялась модель города (включающая 8 объектов, среди которых были церковь, дома, деревья), расположенная на картоне 40 × 60 см. Их просили нарисовать модель и построить ее копию. Результаты позволили выделить четыре этапа воспроизведения детьми этой модели городской территории. На первой стадии – *топологической* (от 3,25 до 4 лет) – было зафиксировано отсутствие пространственного соответствия за исключением отдельных отношений соседства. На этой стадии дети не способны еще ни к передаче логико-геометрического соответствия (по сходству объектов), ни к передаче пространственного соответствия (по близости объектов). На второй стадии – *проективной* (от 4 до 7 лет) – происходит частичное согласование объектов в небольших группах. При этом пространственные отношения соседства отделяются от логико-арифметического соответствия объектов. Передавая отношения объектной близости, ребенок интуитивно сохраняет порядок элементов в модели, даже если двумерная организация не передается. На этой стадии для небольших групп объектов ребенок начинает использовать элементы проективной информации (справа, слева, впереди, сзади) и евклидовой геометрии (прямые, кривые, параллели, углы). При этом координирование всей совокупности объектов не происходит. На третьей стадии – *метрической* (от 7 до 11,6 лет) – речь идет уже о согласовании объектов между собой в их общем расположении, хотя на первой ступени этой стадии у детей возникают трудности с координированием одного объекта с несколькими другими, и с изменением масштаба. При выполнении методики изображения географической модели они представляют топографический рисунок. На четвертой стадии – *схематической* (от 11,6 до 13 лет) – появляется схематизация рисунка и точный план. На этой стадии дети используют естественные координаты физического мира в виде сети вертикальных и горизонтальных прямых.

2 Ж. Пэлю использовал формирующий эксперимент, в котором испытуемые изучали незнакомую ранее местность. Испытуемых возили по городу в машине по определенному маршруту, который состоял из 33 трасс. В течение каждой пробы испытуемых просили указать направление к начальной, конечной или промежуточной точке, периодически испытуемые должны были рисовать план города. На основе всей совокупности полученных результатов Ж. Пэлю выделил четыре уровня формирования пространственного образа города. На первом уровне субъект применяет правило метрической организации пространства для создания своих представлений. Достаточно точная оценка дистанций

И. В. Блиникова

следствии и в наших исследованиях – см. Блиникова, 1995, 1998). Топологическая информация позволяет конструировать связанное пространство, она отражает качественный аспект пространственных отношений, является наиболее устойчивой и нечувствительной к перемещению субъекта и лабильных объектов в пространстве (Мостепененко, 1971; Сочивко, 2002). Взрослые испытуемые интуитивно учитывают, что топологические отношения (хоть и очень просто конструируемые) сохраняют метрические связи между элементами в сложном пространстве. Почему такое возможно? Для этого мы должны допустить, что взрослые испытуемые, описывая пространство в топологических характеристиках, опираются на сформированный ментальный образ, сконструированный по метрическим законам. Именно этот образ затем реконструируется с помощью процедур многомерного шкалирования. Некая ментальная пространственная конфигурация («ментальное пространство») выступает основой оценки. Чтобы уточнить этот вопрос, нужно проанализировать, что стоит за процедурами шкалирования и как соотносятся ментальные пространства и их математические модели.

### **Многомерное шкалирование и его пространственные характеристики**

Многомерное шкалирование оказалось процедурой, уже не одно десятилетие завораживающей психологов (Измайлов, 1980; Крылов, 1980; Головина, Савченко, 2003, Терехина, 1983). Для этого можно найти множество оснований, но главным является многомерность психологических данных. Ранее мы неоднократно анализировали возможности многомерного шкалирования для исследований пространственных представлений. Обработка данных этим методом позволяет выявить конфигурацию ментального пространства и проанализировать его структуру (Блиникова, 1995, 1998).

В исследованиях пространственных представлений обычно используются данные о дистанциях между точками в пространстве, но многомерное шкалирование может быть использовано не только в обработке расстояний в строгом математическом смысле. Его часто применяют, имея матрицу оценки сходства или различий стимулов по самым разным параметрам. Вторым важным основанием является то, что результаты психометрических и психофизических экспериментов хорошо интерпретируются в пространственных координатах и дают возможность строить пространственные модели различных психических функций (например, цвето-сочетается со значительной ошибкой при оценке направлений, множеством погрешностей в изображении пересечений улиц, стремлением свести все углы к 90 градусам. На втором уровне вся активность субъекта направлена на рассмотрение первых представлений и на их уточнение. На третьем уровне появляется целостное, схематическое представление о местности («базовая сеть»), выделяются основные магистрали, перекрестки и ориентиры, которые увязываются между собой. Однако эта «базовая сеть» многих ориентиров не включает. Информация о них сохраняется в так называемой «вторичной сети», которая неразрывно связана с базовой и включает элементы городской среды, которые объединяются на основе топологических признаков (например, «этот пункт находится рядом с таким-то» и т. д.) вокруг основных точек базовой сети. На четвертом уровне происходит увеличение базовой сети за счет включения в нее элементов вторичной сети, и субъект все больше опирается на топологические отношения между элементами городского пространства.

различия или конотативных значений). Такие модели могут быть построены и по результатам кластерного и факторного анализа, но процедуры многомерного шкалирования, пространственные по своей природе, подходят для этого наилучшим образом.

В современной информатике процедуры многомерного шкалирования, самоорганизующиеся карты Кохонена (self-organizing map – SOM), а также их модификации (см.: Горбань, Зиновьев, Питенко, 2000; Kaski, 1997) рассматриваются как способы визуализации многомерных данных. Однако психологи хотят большего – выявить структуру хранения и представления знаний, получить характеристики ментального пространства.

В психологии пространственные модели, получаемые в ходе математической обработки, рассматриваются по-разному. В ряде случаев предполагается, что они описывают существующие у субъекта ментальные пространства стимулов или реакций. Такое предположение заманчиво, однако мы должны были бы признать, что существует бесконечное множество субъективных пространств, обладающих совершенно разными характеристиками. Скорее субъективные пространства «не являются стационарными структурами, имеющие устойчивые метрико-топологические свойства, инвариантные по отношению к экспериментальной задаче» (Шмелев, 1983, стр. 20).

Другие специалисты более осторожно считают, что интерпретационные модели должны лишь соответствовать той или иной форме ментального хранения информации, т. е. здесь может идти речь об изоморфизме второго, третьего или  $n$ -ного порядка. Это ставит перед исследователями задачу оценить типы репрезентаций до построения моделей, что часто является затруднительным и с методологической точки зрения ставит под вопрос само использование многомерного шкалирования и других процедур математического моделирования. Возможен и третий подход, в котором допускается, что испытуемые в процессе решения задач по сравнению и оценке свойств стимула строят ментальные пространства для осуществления этих операций (Шмелев, 1983; Блинникова, 2008). В этом случае создаваемые субъектом ментальные конфигурации отражают характеристики его деятельности (ее структуру, особенности задач, стоящих перед испытуемым и т. д.), также как и объективные характеристики стимулов.

В решении этого вопроса может помочь анализ размерностей ментальных пространств, получаемых с помощью различных математических техник. В исследованиях пространственных представлений, на первый взгляд, нет надобности в смысловой интерпретации выделяемых в ходе многомерного шкалирования размерностей. Предполагается, что они должны совпадать с сеткой координат.

Характерно, что в норме обработка с помощью многомерного шкалирования оценок дистанций (полученных прямыми и непрямыми методами) в большинстве случаев имеет два измерения. Вклад третьего измерения всегда незначителен, и интерпретация его затруднительна – в частности, возникающий «рельеф» точек практически никогда не совпадает с рельефом местности, в то время как расположение в двумерном пространстве близко совпадает<sup>1</sup> (с м.: Блинникова, 1995, 2007).

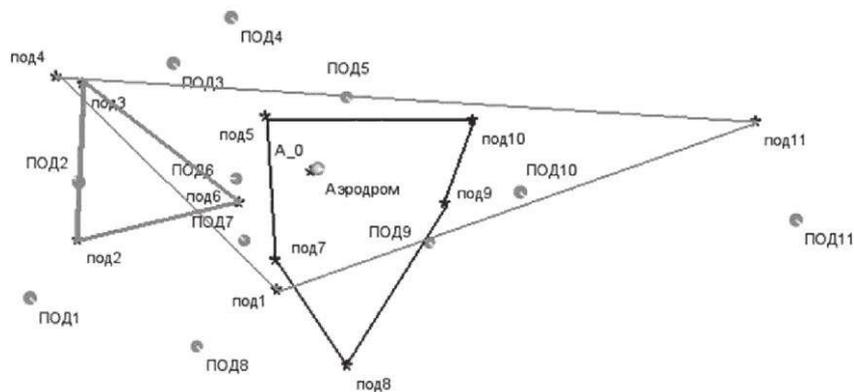
1 Совершенно с другой картиной мы сталкиваемся при использовании методов многомерного шкалирования для построения моделей понятийных структур (Рабесон, Блинникова, 2007). Здесь размерность получаемого пространства может быть достаточно высокой.

В упоминавшемся выше исследовании представлений о зоне полетов у авиадиспетчеров, в котором они должны были попарно оценить расстояния между 12 пунктами зоны полетов, а затем эти данные обрабатывались с помощью многомерного шкалирования, в принципе нельзя было говорить о рельефе местности. Однако третье измерение вносило свой вклад в результирующую конфигурацию пунктов донесения (Барлас, Величковский, Блинникова, 1983). Нами была сделана попытка интерпретации этих данных. С точки зрения геометрических построений, проекции векторов на плоскость тем точнее, чем меньше разнесены по третьему и другим измерениям задающие их точки. Если объединить точки, находящиеся примерно на одной «высоте»<sup>1</sup>, получится что-то вроде плана субъективного пространства, в контексте которого расстояния между точками будут достаточно точно соответствовать оценкам испытуемых. Общая конфигурация складывается путем наложения друг на друга нескольких планов. План в данном случае подразумевает существование систем отсчета, с которыми работает испытуемый, выполняющий оценку расстояний.

На рисунке 4 пункты донесения, располагающиеся на одной «высоте», соединены линиями, презентуя планы субъективных пространств. Можно отметить, что два из них включают крайние точки исследуемого пространства, задавая базовую конфигурацию (или «базовую сеть» в терминологии Ж. Пиаже), остальные лишь присоединяют оставшиеся элементы к этой структуре. Такие данные хорошо согласуются с представлением о том, что в процессе оценки испытуемые создают локальные ментальные пространства. От того, насколько эти локальные структуры согласованы друг с другом, зависит точность, связанность и структурированность общего пространства стимулов.

Можно предположить, что чем более сложную ментальную конструкцию может создать испытуемый, чем больше объектов будут включены в нее, тем более связанной будет результирующая конфигурация, получаемая с помощью многомерного шкалирования. Мы опять же можем обратиться к данным исследований пространственных представлений. Ж. Пиаже и Б. Инельдер (Piaget, Inhelder, 1966) считали, что развитие представлений о пространстве протекает в направлении все большей согласованности отдельных пространственных отношений. Последние сначала согласуются в небольших группах объектов, а затем эти группы согласуются между собой. Анализируя рисунки школьников, изображавших путь от дома до школы и площадь, которую они пересекали по дороге в школу, Ф. Н. Шемякин (1940) выявил похожую закономерность<sup>2</sup>. На определенном этапе

- 1 Под «высотой» здесь понимается значение третьей координаты. В  $n$ -мерном пространстве значения по другим координатам могут быть названы по-другому.
- 2 Испытуемыми в эксперименте Ф. Н. Шемякина были дети в возрасте от 8 до 14 лет. Они должны были нарисовать либо путь от школы до дома, либо площадь рядом со школой. При решении задачи-площади было выделено пять типов решений задач: 1) «Изображение» – в этом случае дети рисовали рисунок площади; этот тип решения встречался только у 8–9-летних детей. 2) «Путь» – при этом дети сначала вычерчивали путь, по которому они проходили, а затем пририсовывали детали площади. 3) «Кусочки» – в этом случае дети вычерчивали отдельные участки, не соединяя их конструктивно, чертеж оставался как бы незаконченным. 4) «Контурирование» – сначала намечался контур площади, затем



**Рис. 4.** Трехмерная ментальная модель зоны полетов, построенная с помощью ММШ на основе попарных оценок расстояний группой авиадиспетчеров. Замкнутыми линиями объединены пункты донесения, расположенные на одной «высоте» ментального пространства

формирования обзорного представления о местности («карты-обозрения») школьники изображают пространственное расположение городских элементов в виде «кусочков», при этом отдельные участки городского пространства изображаются достаточно точно, объекты в них согласованы друг с другом, но сами участки не согласованы друг с другом. Изображаемое пространство оказывалось как бы разорванным.

В одном из наших экспериментов (Блинникова, 2005) слепые испытуемые осваивали незнакомую им ранее местность. По ходу изучения территории они выполняли разные контрольные задания, в частности, оценивали расстояния по прямой между десятью заданными объектами. Оценки обрабатывались с помощью многомерного шкалирования. Результаты показали, что размерность получаемого пространства, на первых этапах освоения местности была высока, а затем постепенно снижалась. Такие факты свидетельствовали о том, что размерность субъективного пространства высока в случае его несогласованности, отсутствия совершенного ментального представления.

Подводя некоторые итоги, можно сказать, что исследования пространственных представлений имеет значение не только для понимания закономерностей формирования ментальных представлений и использования их в практической деятельности, но и для более широкого научного контекста, связанного с использованием процедур шкалирования и математических техник пространственной визуализации данных. Что касается методов исследования, то и в этом случае пространственные представления выступают хорошим калибровочным материалом для развития методологии психологических измерений.

обозначались улицы и здания. 5) «Планирование» – в этом случае вычерчивался более или менее правильный план местности. Второй и третий типы решений присутствовали во всех группах, но их процентное отношение уменьшалось с возрастом. Процентное отношение четвертого и пятого типов решений, напротив, увеличивается с возрастом.