

## **СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКТОВ**

**С.Л. Артеменков**

Представлен обзор современных зарубежных работ по сетевому анализу и моделированию психологических конструктов. Рассмотрен ряд проблем измерения в психометрии, понятия конструкта и номологической сети, рефлексивная, формирующая и сетевая интерпретации психологических измерений. Представлены общие характеристики и особенности современных моделей психологических измерений, рассматривающих конструкты в виде сети измеряемых переменных и фокусирующихся на анализе сетевой структуры и сетевой динамики. Показана связь сетевых психометрических моделей, получивших широкое развитие в клинической психологии, с дифференциальной и динамической психологией, а также теорией динамических систем. Отмечено, что эта теория может служить основой для дальнейшего развития экспериментальной психологии в направлении обоснования использования бифуркационных психологических экспериментов.

---

The review of modern foreign works on network analysis and modeling of psychological constructs is presented. A number of measurement problems in psychometry, concepts of construct and nomological network, reflective, formative and network interpretation of psychological measurements are considered. General characteristics and features of modern models of psychological measurements that consider constructs in the form of a network of measured variables and focusing on the analysis of network structure and network dynamics are presented. The connection of network psychometric models, which have been widely developed in clinical psychology, with differential and dynamical psychology, as well as the theory of dynamical systems, is shown. It is noted that this theory can serve as a basis for the further development of experimental psychology in the direction of substantiating the use of bifurcation psychological experiments.

---

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

Психометрия, психологические конструкты, номологическая сеть, рефлексивная модель, формирующая модель, сетевой анализ, сложные системы, динамическая система, латентные сетевые модели, бифуркационный эксперимент.

### **1. ВВЕДЕНИЕ**

Научный подход в любой области науки отличает наличие способов и методов постановки и решения задач с целью получения новых знаний, обобщения и углубления понимания совокупности фактов и теорий. Базой для этого являются данные наблюдений и экспериментов, которые превращаясь в факты, служат основой для выдвижения гипотез и построения теорий, на основании которых объясняются дальнейшие факты и формулируются выводы и предположения. Полученные прогнозы проверяются новыми экспериментами, которые «являются средством проверки каузальных гипотез» [18, с. 39].

Основной стороной научного метода, независимо от вида науки, является требование объективности, исключающее субъективный подход толкования результатов. Развитие науч-

ной психологии тоже идет по этому пути несмотря на, по существу, субъективный характер психической деятельности. Основанные на интроспекции субъективные методы анализа теперь часто относят скорее к области искусства, чем к науке.

Превращение психологии в объективную науку представляет собой сложно выполнимую задачу. Например, по Б.М. Теплову «Предметом психологии является психика человека в ее обусловленности объективными условиями существования и той объективной деятельностью, которая составляет содержание жизни человека» [28, с. 287]. Вместе с тем научные исследования в психологии, предмет которой часто определяют понятием психики, связаны со многими парадоксами [26] и сложными процессами и явлениями [3; 5; 6].

В экспериментальной процедуре, направленной на установление некоторой закономерности «осуществляется манипулирование переменными и наблюдаются эффекты, производимые этим воздействием на другие переменные» [30, с. 168]. В простейшем случае проверяется наличие причинно-следственной связи между независимой и зависимой переменными при выполнении ряда условий связанными с тем, чтобы причина по времени предшествовала эффекту, осуществлялся контроль влияния других переменных и учет возможных ошибок в том числе для отсутствия правдоподобного альтернативного объяснения эффекта. Причинная зависимость при этом может проявляться в статистической связи и выражаться в виде некоторой функциональной зависимости между независимой и зависимой переменными, получающими численные значения. Эта функциональная зависимость выступает затем в качестве формальной модели реального процесса, который подвергается исследованию.

Для получения численных значений переменных, используемых в экспериментальной процедуре, применяются методы измерения, представляющие собой приемы и способы получения результата измерений путем использования соответствующих принципов, средств и процедур измерений. С измеряемым объектом соотносятся числовые или символные значения, позволяющие представлять его свойства или качества в некоторой формальной системе. При этом важно, что «числовой результат измерения представляет существенные характеристики объекта измерения и, следовательно, позволяет делать осмысленные выводы о его свойствах» [14, с. 8].

С. Стивенс предложил в числах видеть только те свойства, которые отражают реальные отношения между эмпирическими объектами. В формализованном виде эта идея превратилась в представление о том, что измерение - это процедура, с помощью которой измеряемые объекты рассматриваются как носители определённых отношений, отражаемые в соответствующих семействах шкал, допускающих различные группы преобразований. При этом процедуры психологических измерений оказывают сильное влияние на значение измеряемой величины.

Другой важной характеристикой психологических измерений является многомерность измеряемых величин, т. е. предполагаемое наличие большого числа переменных и существенная их зависимость от большого числа параметров. При этом в отличие от наблюдаемых переменных концептуальные психологические переменные представляют собой по сути конструкторы с латентными и взаимосвязанными свойствами.

Для исследования психологических конструкторов приходится прибегать к особым методам их моделирования, включающим совокупные и комплексные методы проведения измерений и специальные методы математической обработки результатов измерений. Эти методы нельзя считать достаточно эффективными (в частности, в отношении установления причинно-следственных отношений) и в настоящее время они продолжают активно развиваться.

В данной работе представлен обзор современных работ, относящихся к вопросам сетевого моделирования и измерения психологических конструкторов, а также к развитию экспериментального метода в психологии с учетом использования методологии динамических систем и бифуркационного подхода к экспериментированию.

## 2. ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ В ПСИХОЛОГИИ

В психологических измерениях в связи со сложностью психической реальности с особой остротой встает онтологическая проблема, связанная с существованием объекта измерения и стабильностью его свойств. В психологии, фактически, измеряют «воображаемые объекты» - в частности, образы, которые не являются постоянными и являются производными от многих различных процессов жизнедеятельности. Методологическая проблема измерений здесь проявляется в вопросах о существовании соразмерности и соизмеримости свойств объекта и числового или другого множества. Понятно, что психика, рассматриваемая как открытая сложная система, является и сложно измеряемой.

«Сегодня многие исследователи измерением называют не сравнение объекта измерения с эталоном, а отображение структуры объекта измерения в какое-то формальное множество» [15, с. 101]. Чтобы это отображение состоялось на практике надо осуществить взаимодействие с человеком в определенных условиях, сама организация которого представляет собой не что иное, как специализированный психологический эксперимент [15]. В частности, при воздействии стимула человек не является только пассивным отражателем и предпринимает некоторые «измерительные действия». Способ оценки стимула зависит от этих действий. Они, в свою очередь, зависят от организации стимульной реальности и от решаемой задачи. В результате в психологическом эксперименте при измерении, так или иначе, осуществляется «измерение измерителя» [13].

При этом человек, как «измеритель», может сам достаточно хорошо оценивать самые разные свойства окружающего мира, например, используя свое восприятие. Однако механизмы такой оценки являются непростыми и во многом остаются неясными [10-12; 20]. Например, в исследованиях восприятия, посвященных зрительной оценке величин и соотношению размеров реальных объектов [21], было установлено, что сенсорные процессы связаны с существенными нелинейными преобразованиями и сосуществованием различных способов восприятия, а также с большой вариативностью и интерференцией этих способов при многократном их повторении. В частности, в следствие эффекта уменьшения нефиксированного объекта видимая величина периферийных объектов в сцене постоянно подвергается явному искажению в зависимости от переключения точек фиксации взора [22; 84]. При восприятии размеров объектов этот эффект обуславливает образование гибкого взаимного переключения константного и аконстантного способов восприятия [21]. Процесс зрительной оценки величин физических объектов, оказывается при этом функционально гибким и парадоксальным образом в зависимости от задачи может обеспечивать достаточную точность и достоверность результирующих оценок. Фактически, это происходит на основе целого ряда «искажений» и образования анизотропных отношений [12; 20; 21].

С системной точки зрения психологические измерения связаны с процессами, происходящими в открытых сложных системах [3-6]. Особые ограничения, которые накладываются на системы и методы измерений, здесь нельзя считать автоматически выполняющимися. Вводимые ограничения требуется проверять на практике. В частности, одной из проблем измерений в психологии является проблема обобщения измерений, проведенных на небольшой группе испытуемых, на большую группу людей. Как правило при этом прибегают к помощи методов теории вероятностей и математической статистики. Однако, теория вероятностей во многих случаях может быть только иллюзией решения проблемы, в частности, постольку, поскольку эта теория относится к однородным повторяющимся явлениям, а психические явления являются сложными и часто уникальными по самой своей сути. В результате преувеличение объяснительных возможностей теории вероятностей может приводить к тому, что психологически более сложное и во многом адекватное поведение может трактоваться как ошибочное на том основании, что оно не соответствует результатам, следующим из теории вероятностей для простых событий [7; 8; 32].

В отличие от особых свойств, которые отличают члены класса друг от друга, общие (родовые) свойства принадлежат всем членам данного класса. Сложность систем работает против возможности осуществлять обобщения и в конкретных условиях приводит к порождению новых, часто уникальных качеств организации целого [3-6]. В частности, эмерджентность или «проявление» предполагает возможность самоорганизации и образования интегральных системных качеств и свойств, специфичных именно для системы в целом и не выводимых из известных свойств ее элементов и способов их соединения. Известно также, что процессы в по-настоящему сложных системах нельзя полностью моделировать в существующих компьютерах, основанных на машине Тьюринга [3; 5].

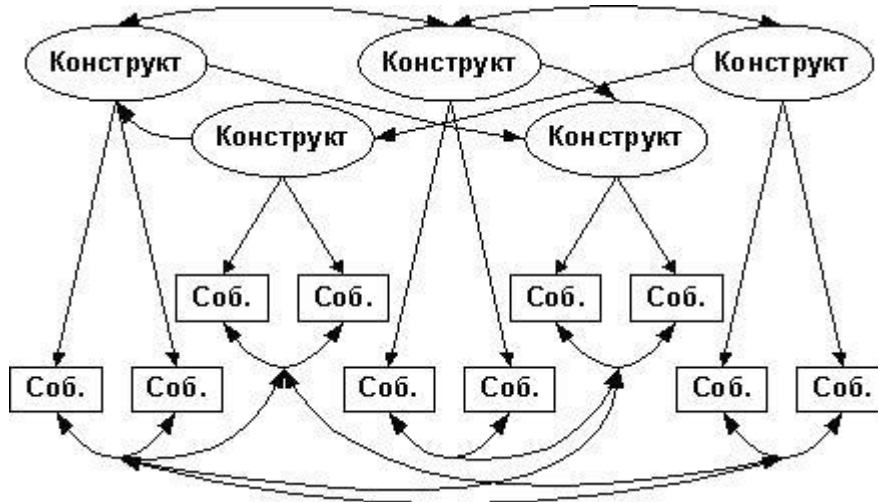
Как было отмечено ранее количество взаимосвязанных факторов, которые следует принимать во внимание при проведении психологических исследований, в принципе чрезвычайно велико. Не меньшим остается и количество факторов, принципиально не поддающихся контролю в процессе экспериментов. Принципиальным является также вопрос о возможности выделения конкретных концептуальных переменных или факторов в качестве оснований для психологических процессов и явлений. Измеряемые психологические переменные обычно относятся к описанию процессов на уровне функционирования и взаимодействия психических продуктов в иерархии их «проявлений». Процессы порождения этих продуктов при этом остаются скрытыми и не могут быть описаны или объяснены через функционирование [3; 5].

### **3. ПОНЯТИЯ КОНСТРУКТА И НОМОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ**

Психологические инструменты (тесты) призваны измерять определенные психологические качества, свойства, черты, особенности, признаки и т. п. Согласно классической теории: психологическое тестирование является разновидностью процедуры измерения свойств объекта. Вводя понятие «свойство», обычно выделяют класс психических сущностей, которые этим свойством обладают. Свойства классифицируются по наличию некоторой интенсивности и ее изменениям.

Для того чтобы определить степень обоснованности измерения психологического свойства недостаточно ограничиться представлением о свойстве как таковом. Необходимо знать, что будет происходить при любых отклонениях от заданного свойства, его преобразованиях и его отношениях с другими свойствами. Нужно иметь представление о более широком контексте, который включает в себя данное свойство. Этот контекст включает как знание об определенной психической реальности, так и событийную модель содержания поведенческих событий.

В психометрии такой более широкий контекст предполагает понятие конструкта, что позволяет в целом структурировать исследуемую реальность, представляемую в виде достаточно сложной модельной системы [47; 82]. Конструкт определяется посредством указания так называемой номологической сети (см. рисунок 1), определяющей закономерные взаимосвязи конструкта с другими сущностями. «Лучшим конструктом является тот, вокруг которого мы можем построить наибольшее количество умозаключений самым прямым образом» [47, с. 288].



**Рис. 1. Общий вид номологической сети, определяющей взаимосвязи между конструктами и связанными с ними событиями [91].**

Номологическая сеть дает представление о понятиях (конструктах), составляющих интерес исследования, о их наблюдаемых проявлениях (событиях) и совокупности (горизонтальных и вертикальных) взаимосвязей между ними. Определить конструкт – это значит указать каким закономерностям (взаимосвязям) он подчиняется. Закономерности могут относиться как к наблюдаемым, так и теоретическим элементам. Отношения между элементами должны подчиняться «правилам», которые могут быть причинными или статистическими. Конструкт только тогда допустим, когда по крайней мере некоторые из закономерностей, для которых он является предметом, включают наблюдаемые события. Если это не так, то мы можем определить самосогласованную сеть понятий, которые не имеют отношения к реальному миру и довольно много таких сетей было и может быть определено.

Разработка номологической сети конструкта, фактически, представляет собой изучение и уточнению знания о конструкте. Развитие представлений о конструкте связано с добавлением новых отношений, или между уже существующими элементами сети, или между этими элементами и новыми элементами вне сети. В классическом понимании это развитие в целом и составляет основную задачу психометрии как науки.

При этом, с одной стороны, следуя Оккаму, не нужно множить сущее без необходимости, а с другой, согласно Эйнштейну, не следует делать вещи проще самого простого. Для идентификации отдельных средств, «играющих ту же роль в той же сети», предлагается руководствоваться информационным принципом: если нечто не производит различия, то оно и не имеет отличия.

Идея номологической сети расширяет обычный контекст измерения психологических качеств и свойств, которые в результате измерений представляются не отдельными размерностями, а входят в некоторое пространство взаимосвязанных латентных факторов. Выделение отдельного конструкта зависит от предпосылок конкретной теории. В свою очередь, возможности проверки теории зависят от ясного определения конструкта – это включает как обозначение того, чем конструкт является, так и того, чем он не является.

Для проектирования номологической сети психологу, с одной стороны, необходимо определить поведение, связанное с конструктом (включая внутренний опыт самоотчета), а с другой стороны, определить другие конструкты, которые могут быть связаны с данным конструктом и не должны быть полностью отделены от него. В целом такая работа связана важным понятием конструктивной валидности, которое лежит в основе практически любого исследования с использованием латентных измерений. Если психологический тест или экспе-

римент не имеет конструктивной валидности, то его результаты будет трудно достоверно интерпретировать. Поэтому неудивительно, что понятие конструктивной валидности более полувека находится в центре теоретического и практического внимания многих исследователей, особенно в личностной, клинической, образовательной и организационной психологии, где существом многих исследований является диагностика индивидуальных различий, относящихся к различным гипотетическим конструктам [1; 82].

Несмотря на важность концепции валидности, не существует простого способа для количественной оценки той степени, в которой измерение конструкта является обоснованным и достоверным. В любом случае приходится прибегать к помощи сравнений с другими определениями, критериями или измерениями заданного конструкта. Исследователи обычно устанавливают конструктивную валидность, представляя корреляции между конструктом и рядом других измерений, которые теоретически должны быть связаны с ним (конвергентная валидность) или независимы от него (дискриминантная валидность).

#### 4. РЕФЛЕКТИВНАЯ И ФОРМИРУЮЩАЯ МОДЕЛИ ИЗМЕРЕНИЙ

С каузальной точки зрения в номологической сети в первую очередь реализуется так называемая рефлексивная теоретическая модель измерений. Эта модель соответствует тому, как многие теоретики в психологии думают о связи психологических конструктов и наблюдаемых событий. Латентный фактор (конструкт) является причиной появления реальных признаков, которые могут быть измерены на практике [38; 65]. Так, например, конструкт нейротизма в опроснике NEO-PI-R, представленный на рисунке 2, рассматривается в качестве общей причины наблюдаемых оценок 1-48, что отражается направлением стрелок [88]. Толщина стрелок отражает факторную нагрузку. Признаки во многом взаимозаменяемы и корреляции между ними предполагаются близкими.

Концептуальная идея рефлексивных моделей часто используется в клинической психологии в качестве плана реалистичной картины психического расстройства и его симптомов. Психическое расстройство считается фактором, вызывающим его наблюдаемые симптомы (например, депрессия вызывает усталость и мысли о самоубийстве). Подобным же образом, конструкты личности, такие как нейротизм, можно рассматривать как общую причину наблюдаемого нейротического поведения, связанного с чувством неуверенности и беспокойством о том, что что-то происходит не так [53]. Набор индикаторов, с помощью которых измеряются наблюдаемые последствия действия причинных факторов, можно затем использовать для того, чтобы делать выводы об индивидуальных различиях в конструктах [52].

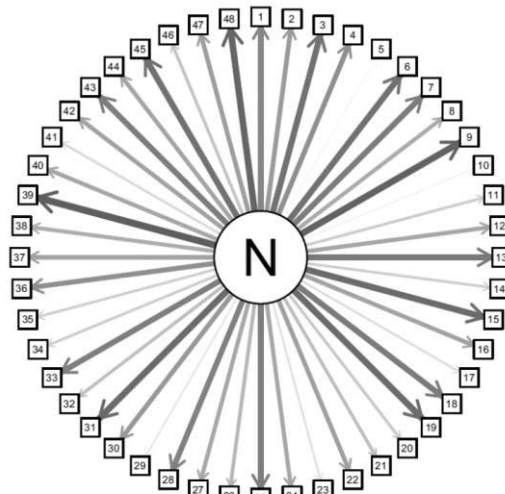


Рис. 2. Пример рефлексивной теоретической модели измерений конструкта нейротизма (из работы [88]).

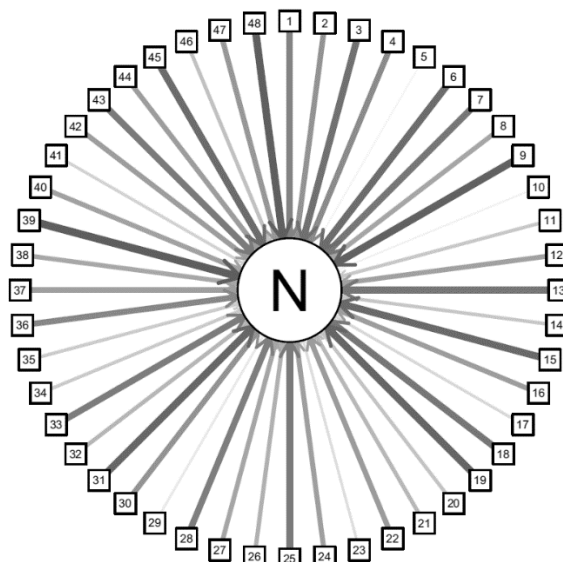
Таким образом, в рефлексивных моделях латентная переменная центрального фактора функционирует аналогично незаметной общей причине [83]), а наблюдаемые переменные (например, оценки заданий или частей теста) моделируются как функция общей латентной переменной и дисперсии ошибки выполнения конкретного задания. Известно, что рефлексивные модели широко представлены в качестве «моделей измерений» в современной теории тестов [79]. Примерами являются модели IRT Раша (1960), Бирнбаума (1968) и политомическая модель Самеджимы (1969), общие модели факторов [64; 68], модели латентного класса [69] и латентные профильные модели [35; 76].

В точной рефлексивной модели наблюдаемые корреляции между индикаторами, по сути, являются ложными. Наблюдаемые индикаторы должны коррелировать, но они делают это только потому, что у них есть причина, а именно исходный конструкт. Такое представление имеет смысл в случае уподобления ситуации измерения, например, измерению физической температуры разными термометрами. Любая корреляция между показаниями термометров обусловлена тем, что они измеряют одно и то же, а именно температуру одного и того же объекта в одинаковых условиях. Прямой причинно-следственной связи между измерениями термометров нет, поскольку функционирование одного термометра непосредственно не вызывает показания температуры на другом термометре. Таким образом, можно рассматривать корреляции между термометрами как сугубо ложные, и это действительно разумное предположение о моделях, которые стремятся уловить идею о том, что отношение между реализуемыми событиями и конкретным конструктом или фактором является только одним из валидных измерений этого конструкта.

На практике факторные модели часто являются более сложными, что, в частности, имеет место при учете влияния многих конструктов на наблюдаемые переменные. Такого рода модели широко применяются в современном факторном анализе, а также в методах структурного моделирования [17; 24; 25; 29]. В психологической перспективе латентные факторы, определяемые при помощи факторного анализа, представляют собой психологические конструкты, в то время как со стороны метода, они не причинные факторы, а только описательные понятия, неправильная трактовка которых может приводить к принципиальным искажениям в интерпретациях [16].

В формирующей теоретической модели измерений наоборот признаки все вместе определяют нейротизм как отдельный фактор (см. рисунок 3). Задания 1-48 на рисунке 3 вместе образуют общий фактор нейротизма в опроснике NEO-PI-R. Стрелки направлены в обратную сторону и их толщина отражает вклад каждой из измеряемых переменных (в частности, связанных с оценками тестовых заданий) в общий конструкт.

В формирующих моделях общий конструкт является составным фактором и определяется как функция от наблюдаемых переменных. Для построения оптимальных факторных функций используют анализ главных компонент и методы кластеризации. Введение остаточной дисперсии позволяет превратить составной фактор в латентный. Составной фактор действует аналогично общему эффекту [83], и его обусловленность наблюдаемыми переменными индуцирует ковариацию среди этих переменных, даже если они были безусловно независимыми.



**Рис. 3. Пример формирующей теоретической модели измерений (из работы [88]).**

В формирующей модели наблюдаемые признаки не являются взаимозаменяемыми, потому что они фиксируют различные аспекты общего конструкта. В примере с нейротизмом это означает, что «чувство неуверенности» и «беспокойство о том, что что-то происходит не так», представляют различные аспекты конструкта «нейротизм». Таким образом, удаление признака потенциально может повлиять на формирование конструкта [39; 53]. Кроме того, здесь нет априорного предположения о том, как признаки должны коррелировать между собой, т.е. значения корреляций между ними могут быть самыми разными.

На практике обе модели измерения вызывают многие вопросы и дискуссии [61], в том числе связанные с выбором модели [36; 51]. При использовании для определения взаимосвязи между переменными статистических методов вычисления корреляций, выбор направления причинности в модели измерений оказывается довольно трудным [53]. Поэтому для исследования каузальных связей необходимо использовать специальные методы [23]. Часто при проведении измерений невозможно показать реальные процессы, определяющие причинные отношения в модели. В частности, это связано с тем, что, как правило, в психометрических моделях время не представлено в явном виде и динамика процессов не раскрывается.

Следует также учитывать, что реальные отношения между измеряемыми переменными могут находиться в сложной зависимости. Каузальные отношения между наблюдаемыми признаками, вероятно, существуют для многих психологических конструктов и для выявления этих отношений нужны более совершенные модели измерений. Кроме того, большинство конструктов в психологии, как например «общий интеллект», не являются эмпирически идентифицируемыми, что затрудняет исследование причин. Действительно, можно представить, как трудно было бы исследовать влияние курения на рак легкого, если бы единственным показателем курения было наблюдение самого рака легкого [88].

Эти и другие проблемы позволяют поставить под сомнение само использование моделей измерения латентных переменных в психологических исследованиях [74]. Ряд авторов утверждает, что потенциально более эффективной для изучения психологических конструктов является сетевая модель измерений [41; 50].



## 5. СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЙ

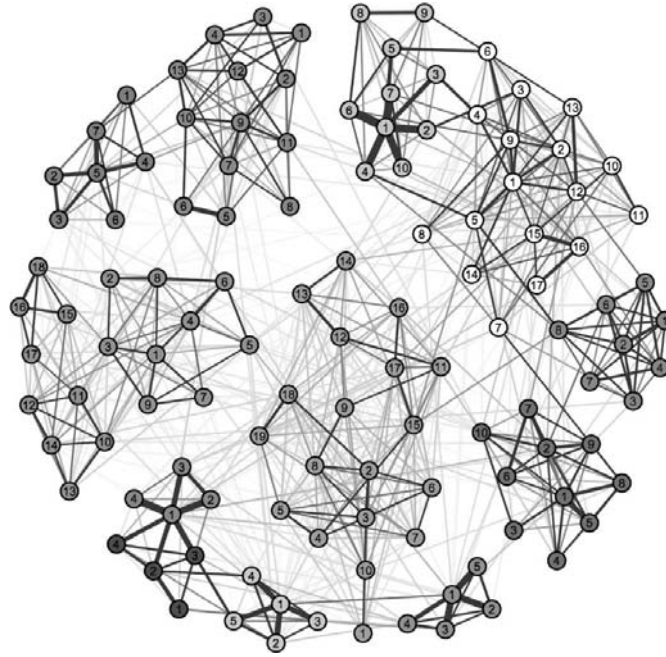
В сетевой теоретической модели измерений конструкты определяются как системы причинно-связанных наблюдаемых переменных. Таким образом, конструкт, подобный «депрессии», рассматривается не как латентный фактор, который лежит в основе таких симптомов, как «недостаток сна» или «усталость», и не как общий эффект, построенный из этих симптомов, а как система причинно-следственных связей, существующая между самими этими симптомами (например, недостаток сна приводит к усталости и т. д.) [88].

Наблюдаемые переменные, которые обычно считаются признаками латентных переменных, можно считать автономными причинными сущностями в некоторой сети динамических систем. Вместо того, чтобы позиционировать в качестве основной причины латентную переменную, здесь рассматривается сеть непосредственно причинно-связанных объектов [40; 41; 46], в результате чего можно во многом избежать указанных выше проблем, относящихся к рефлексивной и формирующей моделям измерений. Такой сетевой анализ устраняет само понятие латентной переменной [46; 81].

Сетевой анализ получил широкое развитие в психопатологии [43; 59]. Например, в сетевой динамической модели конструкт нейротизма является сетью многих переменных, схематически представленной в виде графа. Для рассмотренного ранее пятифакторного личностного опросника NEO-PI-R вершины графа соответствуют заданиям 1-48, а толщина ребер отражает степень корреляции между признаками нейротизма [88].

С использованием современных технологий становится возможным проводить массовые измерения самых различных наблюдаемых переменных, как, например, данные fMRI [87] или всевозможные признаки психических расстройств [81], и обрабатывать значения больших массивов сетевых признаков. На рисунке 4 приведена сетевая модель диагностических признаков из руководства по психическим расстройствам DSM-IV [42]. Каждый индивидуальный признак (симптом) является узлом сети и представлен на рисунке одной точкой. Для визуализации сети использованы методы сетевого анализа [37]. Объединение сильно коррелированных наборов узлов [60] приводит к появлению групп узлов, образующих отдельные кластеры, которые могут быть соотнесены с конструктами соответствующих психических расстройств.

С точки зрения сетевой модели, любой конструкт рассматривается как сеть переменных и олицетворяет некоторый относительно независимый контекст, который может быть связан с отдельным понятием или особой концептуальной ситуацией. Отдельные измеряемые переменные являются здесь не пассивными индикаторами латентной переменной, а автономно функционируют в общей системе отношений и каузально связаны. Например, для депрессивного расстройства выявлены соответствующие гомеостатические процессы, которые опосредуют связи между «недостатком сна» и «усталостью» [31]. В исследованной сети категорий теста эмоциональной креативности соответствующие переменные сети связаны в том смысле, что они имеют взаимозависимые пути осуществления переходов между узлами сети [9].



**Рис. 4. Сетевая модель 120 симптомов для двенадцати психических расстройств (из работы [42]).**

Помимо методологических аспектов сетевой анализ поднимает более общую эпистемологическую проблему для психологии [40; 49]. Изучение конструкта здесь означает изучение сети, сосредоточенное главным образом на структуре и динамике сети. Связь между наблюдаемой переменной и конструктом не должна интерпретироваться как одно из измерений: наблюдаемые переменные не измеряют конструкт, а являются его частью. Общее представление о конструкте формируется путем изучения связей между наблюдаемыми переменными и их функций [49; 50; 58; 77].

Поскольку в сетевой модели имеют дело только с наблюдаемыми событиями, то это может способствовать объективности понимания конструктов. Они рассматриваются не только в качестве «фактов сознания», которые, по выражению Б.М. Теплова, «не могут быть поняты сами из себя» [28, с. 307]. «Объективность метода психологии зависит от того, каковы те понятия, в которых ведется анализ изучаемых явлений. Одно из важнейших требований объективного метода: психологические понятия должны включать объективные признаки соответствующих явлений психической деятельности» [28, с. 306].

Другой стороной движения к объективности в науке является использование математических моделей, более адекватных пониманию конкретной системной реальности. Дифференциальные сетевые модели в этом смысле могут способствовать лучшему описанию сложной психологической реальности.

## **6. СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ И ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Общий подход для формализации и изучения поведения сети взаимосвязанных переменных во времени – это теория динамических систем. На возможности этой математической теории и необходимость перестройки психологии в сторону работы с динамическими системами одним из первых обратил внимание К. Левин. Он считал, что в психологии должна быть проведена перестройка самого типа психологического мышления. Как и в естественных науках (прежде всего в физике) следует перейти от «вещных понятий» к реляционным (относительным). Свою позицию он выразил в статье «Переход от аристотелевского к галилеевскому способу мышления в биологии и психологии», опубликованной в 1931 г. [19].

Аристотелевская физика базировалась не на эксперименте и математических подсчетах, а на выделении из отдельных случаев некоторой общей тенденции. Аристотель придавал собственное значение каждому объекту, обладающему, по его мнению, стремлением к заданной цели. В результате характер и направление физических векторов в Аристотелевской динамике полностью определяются природой рассматриваемого объекта. Физика здесь подобна психологии, которая ищет причины (детерминанты) поведения внутри отдельного индивида и занимается их классифицированием. В психологии в сфере мотивов и потребностей индивидуальные особенности и ситуативные нюансы часто игнорируются и исключаются из анализа.

Способ мышления Галилея, как предтечи современной физики, был иным: он показал зависимость движения объектов от внешних условий, от пространственно-временного контекста. В современной физике существование физического вектора всегда зависит от взаимосвязи нескольких физических факторов, в частности от взаимоотношения объекта с его окружением, а характеристики поведения (например, месторасположение и скорость объектов) и их взаимозависимость приобретают самостоятельное значение, играющее определяющую роль в искомым закономерностях.

Если результирующий вектор в начальный момент имеет некоторое направление, это вовсе не означает, что реальный процесс будет сохранять это направление постоянно. По мере протекания процесса будет изменяться вся ситуация в целом, изменяя тем самым величину и направление векторов, которые в данный момент определяют динамику изменений в системе. При этом важно, что: «если мы пытаемся вывести динамику процесса, особенно определяющие его векторы, из действительного хода событий, то мы, как правило, вынуждены обращаться к *дифференциалам* процесса» [19, с. 78].

Система дифференциальных уравнений определяет такую отдельную закономерность, при которой исторически данное течение процесса не является непосредственным выражением первичных векторов (начальных условий). Не существует тенденции сохранения курса, а динамика его изменения выводится из положения того или иного отдельного конкретного момента в контексте всей конкретной целостной ситуации (начальное состояние системы в данный момент времени и уравнения, которые описывают, как предыдущее состояние определяет текущее состояние).

В результате при рассмотрении динамики поведения человека для Левина представляет интерес возможная общая кондиционально-генетическая типология его поведения в связи с мотивацией поведения. Эта мотивация приобретает самостоятельное значение и должна быть отделена от предметно-смыслового содержания ситуации, так как это содержание может выступать только в форме образа. Главенствующее значение в этом случае по Левину приобретает то инструментально-ситуативное общее, что обуславливает всю ситуацию в ее целостности – это «жизненное» поле, которое охватывает одновременно внутренние (человека) и внешние (окружающее) факторы. Внешние (объективные) и внутренние (субъективные) факторы в такой динамической модели становятся, фактически, равнозначными, а основой для моделирования динамического поведения становится математическая теория динамических систем.

В современной психологии теория динамических систем, хотя и не получила очень широкого распространения, применяется ко многим процессам и структурам, включая когнитивные процессы [96], процессы восприятия и действия [57; 78], структуры интеллекта [92], модели личности [27], модели психологии развития [94] и др.

Для создания и анализа практических моделей динамических систем особенно актуальны различные притягивающие состояния (аттракторы), которыми наряду с отталкивающими множествами (репеллеры) характеризуется фазовое пространство (фазовый портрет) всех возможных состояний динамической системы. Если система близка к устойчивому равновесному состоянию (или к устойчивой замкнутой фазовой кривой типа предельного цик-

ла), то она будет сходиться к нему и останется в таком виде. Например, сетевая модель депрессии может иметь два состояния аттракторов: неупорядоченное, депрессивное состояние и здоровое состояние. Достаточно большое возмущение системы, такое как стрессовые жизненные события, может побудить человека перейти от здорового состояния к депрессивному состоянию.

При изменении параметров может происходить качественное изменение фазового пространства динамической системы, связанное с изменением количества и типа особых точек и предельных циклов динамической системы. Теория бифуркаций изучает зависимость качественной картины фазового пространства динамической системы при непрерывном изменении одного или нескольких параметров. Разбиение пространства параметров системы на области с качественно разными структурами фазовых пространств определяет бифуркационную диаграмму динамической системы. В пределах каждой из этих областей структура особенностей фазового пространства качественно не меняется при малом изменении параметров.

Позволяя параметрам системы изменяться, система может показать качественные изменения в своей структуре (например, появляется новый аттрактор), что также позволяет смоделировать переходы психики из одного состояния в другое. Бифуркационные переходы качественно меняют систему фазового портрета, что, в частности, может приводить к «катастрофам» устойчивых состояний в системе [2]. В качестве характерного примера можно привести работы по моделированию состояний мультистабильности мозговых образований и, в частности, процессов двойственного восприятия объектов [66; 67].

Исследование изменений системного поведения с помощью бифуркационных преобразований открывает новые возможности постановки качественных экспериментов в психологии. Задачей эксперимента становится не определение некоторой функциональной зависимости между переменными, а установление бифуркационных переходов при изменении параметров системы, что приводит к качественному изменению системных аттракторов. Такого рода эксперименты, как правило, ориентируются на предварительно разработанную модель динамической системы, как например, в случае системного анализа нелинейной модели стресса и адаптации [71], но могут только подразумевать ее наличие для идентификации качественно разных поведенческих реакций [8; 86].

## 7. ОСОБЕННОСТИ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

В сетевой модели важным является то обстоятельство, что наблюдаемые переменные рассматриваются как причинно-автономные. Они могут отвечать, как за входящие, так и за исходящие каузальные изменения, т.е. могут определять взаимодействия, которые в сети могут осуществляться разными способами, что влияет на общую кластеризацию узлов сети. Например, неблагоприятные жизненные события, по-видимому, имеют более тесные связи с психологическими симптомами (например, депрессивным настроением), чем с вегетативными симптомами депрессии (например, проблемы концентрации) [72; 90]. Это говорит о том, что этиологические пути в психическое расстройство сами могут зависеть от внешних событий. Кроме того, вполне вероятно, что таких путей много, поскольку индивидуальные симптомы расстройства могут быть активированы самыми разными внешними факторами, которые сами могут образовывать новые, все более сложные сети.

С точки зрения сетевой модели границы между психологическими конструктами являются нечеткими по своей природе. Здесь нельзя избежать сопутствующих отношений, поскольку они присущи структуре сети. При этом существует два способа манипулирования сетью. Можно подвергать сеть стрессу посредством активации и деактивации наблюдаемых переменных, а также можно изменять силу сетевых связей. При этом в зависимости от заданных параметров сеть может вести себя, как отдельные виды слабо связанных конструктов, так и представлять собой практически сплошную среду.

Сети мотивируют изучение обратных связей и взаимосвязей, а не поиск скрытых сущностей. Холистический характер сетевого моделирования позволяет обнаружить большее количество разнообразных в том числе скрытых эффектов и не требует для их понимания поиска «генов», «нейронных коррелятов сознания» или нейронных моделей психических расстройств.

В динамических системах даже простые взаимодействия между переменными могут вызывать возникновение сложных явлений поведения в результате нелинейных взаимодействий между компонентами системы. Большинство психологических систем должны характеризоваться нелинейными отношениями, поскольку по крайней мере некоторые из их переменных естественным образом ограничены.

Другой особенностью взаимодействий в сетевых структурах являются циклические процессы. Например, циклические взаимодействия между переменными могут приводить к ситуации движения по нисходящей и восходящей спирали изменения состояний. Спираль может рассматриваться как явление, возникающее в связи с новыми причинными силами, которыми не обладал ни один из генерирующих элементов системы [88]. Сетевой подход учитывает эти проблемы естественным образом, что не может сделать никакая рефлексивная или формирующая модель. Даже простые дискретные системы с циклическими взаимодействиями, могут обладать большим числом различных состояний, переключение между которыми осуществляется при изменении начальных условий в системе [11]. Реляционные системы с замкнутыми действующими причинными связями становятся по-настоящему сложными как в своей организации, так и в поведении [3-6].

Вместе с тем замечено, что при всей громадности поведенческого пространства с системной точки зрения поведение людей имеет тенденцию «оседать» в относительно фиксированных областях, где они находятся в относительном «равновесии» с самими собой и со средой [45]. Это определение динамического равновесия аналогично состоянию аттрактора в динамической системе, который можно определить, как «стабильное» состояние сильно связанной сети [40]. Онтология аттрактора сложной системы обычно определяется с использованием концепции «проявления» нового [62]. Аттрактор - это свойство, проявившееся из-за появления новых структур и функций. Это означает, что новое свойство не сводится к свойствам основных элементов и не предсказуемо из основных элементов взаимодействия [33; 75]. Проявляющиеся или эмерджентные свойства обретает собственное бытие и (в качестве латентных переменных) могут вступать в отношения на новом уровне иерархии процессов. Такая модель в принципе открывает новую перспективу для анализа и моделирования конструктов. В литературе по сетевому анализу некоторые авторы прямо связывают анализ сети с эмерджентными свойствами [46].

В нейропсихологии процессы «проявления» обычно происходят в сложной системе нейронов [33; 34; 55; 56; 97]. При сетевом анализе, «проявление» происходит из сложной системы компонентов. Но эпистемологическая проблема одна и та же и связана с новым качеством, которое не сводится к основным элементам системы. Поскольку психологические конструкты связаны с психическим равновесием индивида, их, возможно, следует рассматривать как реальности и состояния равновесия индивидов в их социальных взаимодействиях [95]. Представление этой реальности в виде модели аттракторов в динамической системе показывает, что аттракторы являют собой непредсказуемую специфическую организацию системы [34] и что они сложным образом зависят от окружающей среды и социального взаимодействия [44; 80]. В таком представлении психологический конструкт можно считать реальным еще и потому, что он существует как определенная социальная практика [63].

Таким образом, подход, учитывающий психологические конструкты как проявляющиеся или эмерджентные свойства в (сетевых) динамических системах, позволяет преодолеть существующие проблемы латентных измерений [93] и по-новому обосновать возможность использования моделей с латентными психологическими переменными [63]. Важно

также, что с помощью введения эмерджентных латентных переменных можно уменьшить общую сложность системы, которая генерирует психологические конструкты. При этом эти конструкты можно рассматривать, как меж-субъективные реалии, которые могут выступать в качестве общей причины поведения, которая обуславливает относительно медленные изменения конкретных особенностей поведения.

## 8. РАЗВИТИЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Проблема с формальными теориями динамических систем состоит в том, что почти все известные математические результаты относятся к детерминированным системам. В психологии мы обычно имеем дело с вероятностными системами и данными, характеризующимися высоким уровнем шума. Трудность состоит в том, чтобы получить из статистической картины структурно определенную связь между изменениями разных переменных. Один из способов получить жизнеспособный метод вывода таких отношений между переменными – это принять предположение о линейности и нормальности. Это предположение дает доступ к хорошо разработанным методам причинного вывода [83; 89]. Построение причинно-следственных систем с помощью таких методов вывода является статистическим маршрутом, который может использоваться для построения архитектуры сетей. Эти методы обычно работают через обнаружение отношений условной независимости [88]. Как только сетевая структура была выведена одним из вышеупомянутых способов, сеть может подвергаться дальнейшему анализу. Многие методы анализа структуры сети реализованы в бесплатном программном обеспечении, таком как R-пакет iGraph [48].

Модели измерений, связанные с латентной переменной, обычно предусматривают локальную независимость наблюдаемых событий. Однако, эти события вполне могут быть взаимосвязанными, что и подразумевает сетевой анализ. В предложенном новом варианте сетевого подхода модель латентных переменных и сетевой анализ не являются взаимоисключающими, они могут дополнять друг друга [54]. Психологические конструкты в виде сети латентных переменных считаются измеряемыми эмерджентными переменными рефлексивным образом, как в классическом моделировании структурных уравнений [70; 73; 85]. После моделирования сети латентных переменных осуществляется сетевое моделирование показателей статистической ошибки [54]. Этот подход идентичен рассмотренному выше сетевому анализу, но основан на «остатках» латентной сети.

## 9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Психологические измерения связаны со многими особенностями и проблемами, которые необходимо учитывать на практике. Они представляют собой психологический эксперимент, в котором происходит «измерение измерителя», а с системной точки зрения исследователь имеет дело с многомерными процессами, происходящими в открытых сложных системах, где необходимо учитывать возможности осуществления процессов порождения новых свойств и иерархий отношений.

В психометрии относительно простой полезной моделью множества латентных переменных явилась модель номологической сети, определяющей взаимосвязь между конструктами и наблюдаемыми событиями. Для латентных переменных были разработаны две измерительные модели: в рефлексивной интерпретации измеренный конструкт определяется в качестве общей причины наблюдаемых событий, в формирующей интерпретации измеряемый конструкт рассматривается как общий эффект наблюдаемых влияний.

В современном сетевом подходе предлагается использовать третью интерпретацию, в которой конструкты проявляются как особые эмерджентные свойства системы причинно-связанных измеряемых (наблюдаемых) переменных. При этом предполагаемые связанными

психологические конструкты не постулируются заранее и при необходимости их введения соотносятся только с результатами сетевого анализа. В результате, с одной стороны, нет необходимости предварительного определения каких-либо латентных переменных, а с другой стороны, при анализе сети отдельные психологические конструкты могут быть выведены из сложной системы компонентов.

В плане выявления конструктов сетевой анализ хорошо зарекомендовал себя в клинической психологии. Однако имеются убедительные доказательства возможности применения сетевого подхода в других областях психологии. В частности, объяснительные ресурсы сетевой модели интеллекта могут конкурировать с другими современными теориями интеллекта [92]. Подходящей областью для сетевых приложений является исследование личности, поскольку атрибуты личности обычно относятся к компонентам, которые являются правдоподобными причинами и их последствиями.

Основой для анализа процессов в сетевых системах служат представления о дифференциальных отношениях и модели динамических систем, имеющих соответствующие состояния или траектории устойчивого равновесия, в качестве соответствующих эмерджентных свойств. При сетевом подходе психологический конструкт может быть соотнесен с некоторым психическим равновесием динамической системы в том смысле, что он характеризует свойство индивидов, возникающее в практике их социального взаимодействия, таким образом, что взаимозависимость индивидуумов со своей средой моделируется путем динамической интеграции взаимосвязанных событий. Внешние измеряемые переменные являются компонентами, которые характеризуют проявления этого взаимодействия, и тем самым могут стать объективной основой и для анализа латентных процессов. Поэтому важно отметить, что сетевой анализ и конструктивные модели с использованием латентных переменных не являются взаимоисключающими и могут являться взаимодополняющими подходами [54].

Применение теории динамических систем в психологии дает возможность расширить классические представления о психологическом эксперименте. Кроме обычного эксперимента, направленного на установление функциональной зависимости, в динамической психологии имеется возможность использования экспериментальных исследований бифуркационного типа. Задачей эксперимента здесь становится установление бифуркационных переходов при изменении параметров системы, что связано с качественными изменениями системных аттракторов. В этом отношении необходимо развитие экспериментальной психологии в направлении обоснования использования бифуркационных психологических экспериментов.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Анастаси А., Урбина С. Психологическое тестирование. 7-е издание. Санкт-Петербург: Питер, 2007. 688 с.
- 2 Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Едиториал УРСС, 2004. 128 с.
- 3 Артеменков С.Л. Трансцендентальная психология и проблемы исследования формопорождающих процессов // Психология восприятия: Трансцендентальная перспектива. Ереван: Наири, 2017. С. 27-52.
- 4 Артеменков С.Л. Структурно-порождающие процессы в психике // XV Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение». М.: МГППУ, 2017. С. 226-227.
- 5 Артеменков С.Л. Аспекты моделирования и особые свойства сложных систем // Моделирование и анализ данных. 2016. № 1. С. 47–59. doi:10.17759/mda.04.
- 6 Артеменков С.Л. Реляционное моделирование психических функций // XIV Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение». М.: МГППУ, 2016. С. 128-129.

- 7 Артеменков С.Л. Модель сопредставленности для оценки вероятности объединения событий // Моделирование и анализ данных. 2014. № 1. С. 43–54.
- 8 Артеменков С.Л. Научные нормы и эвристики в оценке вероятности сопредставленных событий // Естественно-научный подход в современной психологии. М.: «Институт психологии РАН», 2014. С. 112-118.
- 9 Артеменков С.Л. Иниционно-семантическая модель дивергентной креативности [Электронный ресурс] // Психологическая наука и образование psyedu.ru. 2012. № 3. С. 1–15. URL: [http://psyjournals.ru/psyedu\\_ru/2012/n3/55540.shtml](http://psyjournals.ru/psyedu_ru/2012/n3/55540.shtml) (дата обращения: 14.11.2017).
- 10 Артеменков С.Л. Трансцендентальная психология как изменение образа мышления // А.И. Миракян и современная психология восприятия: сборник материалов научной конференции. М.: ПИРАО, 2010. С. 324–358.
- 11 Артеменков С.Л. Методология трансцендентальной психологии и проблемы моделирования и экспериментального исследования порождающих процессов // Моделирование и анализ данных. Труды фак-та ИТ (выпуск 2). М.: РУСАВИА, 2005. С. 37-57.
- 12 Артеменков С.Л. Психология восприятия и разработка новых телекоммуникационных интерфейсов // ТелеМультиМедиа. 2004. № 4. С. 15-19.
- 13 Артемьева Е.Ю. Психология и математические модели субъективного мира // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 1990. № 3. С. 4-15.
- 14 Гусев А.Н., Уточкин И.С. Психологические измерения: Теория. Методы: Учеб. Пособие для студентов вузов / А. Н. Гусев, И. С. Уточкин. М.: Аспект Пресс, 2011. 319 с.
- 15 Зароченцев К.Д., Худяков А.И. Экспериментальная психология: учебн. Москва: ТК Велби, Проспект, 2005. 208 с.
- 16 Кулаичев А.П. О принципиальных искажениях метрических факторов в результате вращения // Моделирование и анализ данных. 2013. № 1. С. 78–87.
- 17 Куравский Л.С., Баранов С.Н. Компьютерное моделирование и анализ данных. Конспекты лекций и упражнения: Учеб. пособие. М.: РУСАВИА, 2012. 218 с.
- 18 Кэмпбелл Д. Модели экспериментов в социальной психологии и прикладных исследованиях. Москва: Прогресс, 1980. 392 с.
- 19 Левин К. Переход от аристотелевского к галилеевскому способу мышления в биологии и психологии // Динамическая психология: Избранные труды. М.: Смысл, 2001. С. 54-84.
- 20 Миракян А.И. Контуры трансцендентальной психологии. Книга 2. М.: ИП РАН, 2004. 384 с.
- 21 Миракян А.И. Константность и функциональная гибкость восприятия // Вопросы психологии. 1983. №4. С. 104-111.
- 22 Миракян А.И. Эффект уменьшения в процессе восприятия величин // Материалы III Всесоюзного съезда Общества психологов СССР. Т. 1. М., 1968. С. 135-136.
- 23 Митина О.В. Методы исследования каузальных связей // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. В.А. Барабанщикова. М.: Институт психологии РАН, 2010. С. 139-143.
- 24 Митина О.В. Моделирование латентных изменений с помощью структурных уравнений // Экспериментальная психология. 2008. Том 1. № 1. С. 131–148.
- 25 Митина О.В., Михайловская И.Б. Факторный анализ для психологов. М.: Учебно-методический коллектор Психология, 2001. 169 с.
- 26 Панов В.И. Парадоксы изучения психики и возможность их преодоления // Национальный психологический журнал. 2011. №1 (5). С. 50-54.
- 27 Рязанов Д.Ю. Анализ деструктивного поведения человека и социума в условиях современного экономического кризиса / Д.Ю. Рязанов // Вестник МГТУ Станкин. 2009. № 4. С. 132–138.
- 28 Теплов Б.М. Об объективном методе в психологии // Избранные труды: в 2-х т. Т. II. М.: Педагогика, 1985. 360 с.



- 29 Харман Г. Современный факторный анализ. М.: Статистика, 1972. 656 с.
- 30 Худяков А.И. Экспериментальная психология. Харьков: Гуманитарный Центр, 2016. 408 с.
- 31 Achermann P. The two-process model of sleep regulation revisited. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2004. 75, A37–A43.
- 32 Artemenkov S.L. Scientific conceptions and heuristics in cross-cultural communication and education in terms of a joint probability decision making. Riga: ISMA. *Information Technologies, Management and Society*, 2013, Vol. 6, No. 1. P. 20 – 30.
- 33 Barrett L.F. Bridging token identity theory and supervenience theory through psychological construction. *Psychol. Inq.* 2011. 22, 115–127. doi: 10.1080/1047840X.2011.555216.
- 34 Barrett L.F. The future of psychology: connecting mind to brain. *Perspect. Psychol. Sci.* 2009. 4, 326–339. doi: 10.1111/j.1745-6924.2009.01134.x.
- 35 Bartholomew D.J. *Latent variable models and factor analysis*. London: Griffin, 1987.
- 36 Baxter R. Reflective and formative metrics of relationship value: a commentary essay. *Journal of Business Research*. 2009. 62, 1370–1377.
- 37 Boccaletti S., Latora V., Moreno Y., Chavez M., Hwang D.-U. Complex networks: structure and dynamics. *Physics Reports*. 2006. 424, 175–308.
- 38 Bollen K.A. *Structural Equations with Latent Variables*. New York, NY: John Wiley. 1989. doi: 10.1002/9781118619179.
- 39 Bollen K.A., Lennox R. Conventional wisdom on measurement: a structural equation perspective. *Psychological Bulletin*. 1991. 110, 305–314.
- 40 Borsboom D. A network theory of mental disorders. *World Psychiatry*. 2017. 16, 5–13. doi: 10.1002/wps.20375.
- 41 Borsboom D., Cramer A.O.J. Network analysis: an integrative approach to the structure of psychopathology. *Annu. Rev. Clin. Psychol.* 2013. 9, 91–121. doi: 10.1146/annurev-clinpsy-050212-185608.
- 42 Boschloo L, van Borkulo C.D., Rhemtulla M., Keyes K.M., Borsboom D., Schoevers R.A. The Network Structure of Symptoms of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. *PLoS ONE*. 2015. 10(9): e0137621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137621>.
- 43 Bringmann L.F., Lemmens L.H.J.M., Huibers M.J.H., Borsboom D., Tuerlinckx F. Revealing the dynamic network structure of the Beck Depression Inventory-II. *Psychol. Med.* 2015. 45, 747–757. doi: 10.1017/S0033291714001809.
- 44 Cervone D. Aligning psychological assessment with psychological science. *Behav. Brain Sci.* 2010. 33, 152–153. doi: 10.1017/S0140525X10000737.
- 45 Cramer A.O.J., Van Der Sluis S., Noordhof A., Wichers M., Geschwind N., Aggen S.H., et al. Dimensions of normal personality as networks in search of equilibrium: you can't like parties if you don't like people. *Eur. J. Pers.* 2012. 26, 414–431. doi: 10.1002/per.1866.
- 46 Cramer A.O.J., Waldorp L.J., Van Der Maas H.L.J., Borsboom D. Comorbidity: a network perspective. *Behav. Brain Sci.* 2010. 33, 137–150. doi: 10.1017/S0140525X09991567.
- 47 Cronbach L., Meehl P. Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*. 1955. 52, 281–302.
- 48 Csárdi G., Nepusz T. The igraph software package for complex network research. *Inter Journal Complex Systems*. 2006. 1695. Available from <http://www.interjournal.org/>.
- 49 Dalege J., Borsboom D., Van Harreveld F., Van Den Berg H., Conner M., Van Der Maas, H.L.J. Toward a formalized account of attitudes: the Causal Attitude Network (CAN) model. *Psychol. Rev.* 2016. 123, 2–22. doi: 10.1037/a0039802.
- 50 De Schryver M., Vindevogel S., Rasmussen A.E., Cramer A.O.J. Unpacking Constructs: a network approach for studying war exposure, daily stressors and post-traumatic stress disorder. *Front. Psychol.* 2015. 6:1896. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01896.

- 51 Diamantopoulos A., Siguaw J. A. Formative versus reflective indicators in organizational measure development: a comparison and empirical illustration. *British Journal of Management*. 2006. 17, 263–282.
- 52 Dolan C.V., Oort F.J., Stoel R.D., Wicherts J.M. Testing measurement invariance in the target rotates multigroup exploratory factor model. *Structural Equation Modeling*. 2009. 16, 295–314.
- 53 Edwards J.R., Bagozzi R.P. On the nature and direction of relationships between constructs and measures. *Psychological Methods*. 2000. 5, 155–174.
- 54 Epskamp S., Rhemtulla M., Borsboom D. Generalized network psychometrics: combining network and latent variable models. *Psychometrika*. 2017. doi: 10.1007/s11336-017-9557-x.
- 55 Fingelkurts A.A., Fingelkurts A.A. Making complexity simpler: multivariability and metastability in the brain. *Int. J. Neurosci*. 2004. 114, 843–862. doi: 10.1080/00207450490450046.
- 56 Fingelkurts A.A., Fingelkurts A.A., Neves C.F.H. Consciousness as a phenomenon in the operational architectonics of brain organization: criticality and self-organization considerations. *Chaos Solitons Fractals*. 2013. 55, 13–31. doi: 10.1016/j.chaos.2013.02.007.
- 57 Fleischer F., Caggiano V., Thier P., Giese M.A. Physiologically Inspired Model for the Visual Recognition of Transitive Hand Actions. *The Journal of Neuroscience*. 2013. 15(33), 6563–80.
- 58 Fried E.I. Problematic assumptions have slowed down depression research: why symptoms, not syndromes are the way forward. *Front. Psychol*. 2015. 6:309. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00309.
- 59 Fried E.I., van Borkulo C.D., Cramer A.O.J., Boschloo L., Schoevers R.A., Borsboom D. Mental disorders as networks of problems: a review of recent insights. *Soc. Psychiatry Psychiatr. Epidemiol*. 2017. 52, 1–10. doi: 10.1007/s00127-016-1319-z.
- 60 Fruchterman T.M.J., Reingold E.M. Graph drawing by force-directed placement. *Software – Practice & Experience*. 1991. 21, 1129–1164.
- 61 Howell R.D., Breivik E., Wilcox J.B. Reconsidering formative measurement. *Psychological Methods*. 2007. 12, 205–218.
- 62 Humphreys P. Computational and conceptual emergence. *Philos. Sci*. 2008. 75, 584–594. doi: 10.1086/596776.
- 63 Guyon H., Falissard B., Kop J.-L. Modeling Psychological Attributes in Psychology – An Epistemological Discussion: Network Analysis vs. Latent Variables. *Frontiers in Psychology*. 2017. 8, 798. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00798>.
- 64 Jöreskog K.G. Statistical analysis of sets of congeneric tests. *Psychometrika*. 1971. 36, 109–133.
- 65 Kelava A., Brandt H. A general non-linear multilevel structural equation mixture model. *Front. Psychol*. 2014. 5:748. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00748.
- 66 Kelso J.A.S. Multistability and metastability: understanding dynamic coordination in the brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2012. 367(1591), 906–918. <http://doi.org/10.1098/rstb.2011.0351>.
- 67 Kelso J.A.S. *Dynamic Patterns*. MIT Press, Cambridge, MA. 1995. 334 p.
- 68 Lawley D.N., Maxwell A.E. *Factor analysis as a statistical method*. London: Butterworth. 1963.
- 69 Lazarsfeld P.F. Latent structure analysis. In S. Koch (Ed.), *Psychology: A study of science*. New York: McGraw Hill, 1959. Vol. 3. 476–543.
- 70 Lee S., Hershberger S. A simple rule for generating equivalent models in covariance structure modeling. *Multivar. Behav. Res*. 1990. 25, 313–334. doi: 10.1207/s15327906mbr2503\_4.
- 71 Levy L.R., Yao W., McGuire G., Vollick D.N., Jette J., Shanahan M.J., Hay J.M., Neufeld R.W. Nonlinear bifurcations of psychological stress negotiation: new properties of a formal dynamical model. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. 2012. 16(4): 429–456.

- 72 Lux V., Kendler K.S. Deconstructing major depression: a validation study of the DSM-IV symptomatic criteria. *Psychological Medicine*. 2010. doi: 10.1017/S0033291709992157.
- 73 MacCallum R.C., Browne M.W. The use of causal indicators in covariance structure models: some practical issues. *Psychol. Bull.* 1993. 114, 533–541. doi: 10.1037/0033-2909.114.3.533.
- 74 Markus K.A., Borsboom D. *Frontiers of Test Validity Theory: Measurement, Causation, and Meaning*. New York, NY: Routledge, 2013.
- 75 Maul A. On the ontology of psychological attributes. *Theory Psychol.* 2013. 23, 752–769. doi: 10.1177/0959354313506273.
- 76 McLachlan G., Peel D. *Finite mixture models*. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- 77 McNally R.J., Robinaugh D.J., Wu G.W.Y., Wang L., Deserno M.K., Borsboom D. Mental disorders as causal systems: a network approach to posttraumatic stress disorder. *Clin. Psychol. Sci.* 2015. 3, 836–849. doi: 10.1177/2167702614553230.
- 78 Medathati N.V.K., Neumann H., Masson G.S., Kornprobst P. Bio-inspired computer vision: Towards a synergistic approach of artificial and biological vision. *Computer Vision and Image Understanding*. 2016. 150, 1–30.
- 79 Mellenbergh G.J. Generalized linear item response theory. *Psychological Bulletin*. 1994. 115, 300–307.
- 80 Millikan R.G. *White Queen Psychology and Other Essays for Alice*. Cambridge, MA: A Bradford Book, 1995.
- 81 Nuijten M.B., Deserno M.K., Cramer A., Borsboom D. Mental disorders as complex networks: an introduction and overview of a network approach to psychopathology. *Clinical Neuropsychiatry*. 2016. 13 (4/5), 68–76.
- 82 Nunnally J.C., Bernstein I.H. *Psychometric theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill, 1994.
- 83 Pearl J. *Causality: Models, reasoning, and inference*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- 84 Pepperell R., Ruta N., Burleigh A., Baldwin J. The perceived size and shape of objects in the peripheral visual field // *Perception*. 2016. V. 45(S2). 236.
- 85 Raykov T., Marcoulides G.A. Equivalent structural equation models: a challenge and responsibility. *Struct. Equ. Model. Multidiscip. J.* 2007. 14, 695–700. doi: 10.1080/10705510701303798.
- 86 Redfern A., Benton C. ‘Expression dependence in the perception of facial identity’. *i-Perception*. 2017. vol 8.
- 87 Schmittmann V., Jahfari S., Borsboom D., Savi A.O., Waldorp L.J. Making large-scale networks from fMRI data. *PLoS one*. 2015. 10(9). [e0129074]. DOI: 10.1371/journal.pone.0129074.
- 88 Schmittmann V.D., Cramer A.O.J., Waldorp L.J., Epskamp S., Kievit R.A. Borsboom D. Deconstructing the construct: A network perspective on psychological phenomena. *New Ideas in Psychology*. 2013. 31(1), 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.02.007>.
- 89 Spirtes P., Glymour C., Scheines R. *Causation, prediction, and search*. MIT Press, 2000.
- 90 Tennant C. Life events, stress and depression: a review of recent findings. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*. 2001. 36, 173–182.
- 91 Trochim W. *The Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition*. Atomic Dog Publishing, Cincinnati, OH. 2000.
- 92 Van der Maas H.L.J., Dolan C., Grasman R.P.P.P., Wicherts J.M., Huizenga H.M., Raijmakers M.E.J. A dynamical model of general intelligence: the positive manifold of intelligence by mutualism. *Psychological Review*. 2006. 113, 842–861.
- 93 Van Der Maas H.L.J., Molenaar D., Maris G., Kievit R.A., Borsboom D. Cognitive psychology meets psychometric theory: on the relation between process models for decision making and latent variable models for individual differences. *Psychol. Rev.* 2011. 118, 339–356. doi: 10.1037/a0022749.

- 94 Van der Maas H.L.J., Molenaar P.C.M. Stagemwise cognitive development: an application of catastrophe theory. *Psychological Review*. 1992. 113, 842–861.
- 95 Van Geert P.L.C., Steenbeek H.W. Networks as complex dynamic systems: applications to clinical and developmental psychology and psychopathology. *Behav. Brain Sci.* 2010. 33, 174–175. doi: 10.1017/S0140525X10000828.
- 96 Van Gelder T. The dynamical hypothesis in cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*. 1998. 21, 615–665.
- 97 Van Orden G.C., Kloos H., Wallot S. “Living in the pink: intentionality, wellbeing, and complexity,” in *Philosophy of Complex Systems*, ed. C. Hooker (Amsterdam: North-Holland), 2011. 629–672. doi: 10.1016/b978-0-444-52076-0.50022-5

*Работа поступила 04.12.2017г.*