



ПРОСТЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛАТЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЛАДШИХ ПОДРОСТКОВ

СЛАВУТСКАЯ Е.В.*, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева», Чебоксары, Россия,
e-mail: slavutskayaev@gmail.com

АБРУКОВ В.С.**, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия,
e-mail: abrukov@yandex.ru

СЛАВУТСКИЙ Л.А.***, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия,
e-mail: lenya@slavutskii.ru

Настоящее исследование посвящено изучению особенностей применения искусственных нейронных сетей (ИНС) для анализа психодиагностических данных. Показано, что процесс обучения ИНС прямого распространения с простой архитектурой, который может рассматриваться как многопараметрическая задача оптимизации, позволяет проводить вертикальный системный анализ и осуществлять оценку нелинейных, латентных связей между психологическими показателями разных уровней (система отношений, мотивационные характеристики, черты личности, показатели интеллекта, тип нервной системы). Выявление таких связей при помощи традиционных для психологии корреляционного и факторного анализа осуществить затруднительно. Предлагаются количественные критерии оценки латентных связей между результатами психодиагностического обследования, основанные на диаграмме рассеяния и статистическом распределении ошибок при обучении нейронной сети. В качестве объекта анализа были использованы данные психодиагностики младших подростков. Предложенные критерии позволили обнаружить латентные связи между психологическими характеристиками, оценить связи разноуровневых психологических показателей.

Ключевые слова: младшие подростки, психологические характеристики, латентные связи, искусственные нейронные сети, нейросетевые алгоритмы.

Выявление и оценка опосредованных (скрытых, латентных) связей между диагностируемыми признаками является важной задачей многих исследований, проводимых в рамках

Для цитаты:

Славутская Е.В., Аbrukov В.С., Славутский Л.А. Простые нейросетевые алгоритмы для оценки латентных связей психологических характеристик младших подростков // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 2. С. 131—144. doi:10.17759/exppsy.2019120210

* Славутская Елена Владимировна, доктор психологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева», Чебоксары, Россия. E-mail: slavutskayaev@gmail.com

** Аbrukov Виктор Сергеевич доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия. E-mail: abrukov@yandex.ru

*** Славутский Леонид Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия. E-mail: lenya@slavutskii.ru



самых разных направлений психологии. Проведение вертикального системного анализа в психологии чаще всего подразумевает необходимость оценки соотношений между разноуровневыми психологическими характеристиками (Барабанщиков, 2007; Ломов, 1996). Тесты, выявляющие такие характеристики, основываются на применении числовых шкал и использовании ограниченного количества целочисленных значений для описания психологических показателей. Методы факторного или корреляционного анализа как инструменты статистической оценки позволяют определить наличие и «силу» только линейных связей между результатами психодиагностики. В случае, когда такие связи не линейны, эти инструменты могут оказаться малоэффективными. Кроме того, они позволяют анализировать взаимосвязи между данными психодиагностики только в статистическом смысле (в среднем по выборке). В настоящей работе исследуются возможности применения для анализа взаимосвязей между психологическими признаками искусственных нейронных сетей (ИНС). Если рассматривать обучение ИНС как процесс многокритериальной (многопараметрической) оптимизации, то его применение имеет два преимущества по сравнению с традиционными статистическими методами анализа.

1. Применение ИНС позволяет анализировать *нелинейные* связи между психодиагностическими данными.

2. Оценки взаимосвязей между изучаемыми психологическими признаками могут быть получены индивидуально для каждого респондента (испытуемого), т. е. обсуждаемый метод предоставляет возможность проведения *селективного анализа*.

Даже при условии, что такие зависимости носят характер *аппроксимаций*, они позволяют проводить гораздо более адекватную интерпретацию психодиагностических данных; ниже будут представлены соответствующие примеры.

В целом можно отметить, что в большинстве случаев для обработки данных в отечественной психологии применяются традиционные методы математической статистики (Воробьев, 2010). Искусственные нейронные сети в основном применяются при построении моделей в психофизиологии (Шендяпин, 2008), распознавании зрительных и звуковых образов (Dogic, 2014), в задачах автоматизации медико-психологической диагностики (Арзамасцев, 2003; Резниченко, 2013), в задачах прогнозирования (Berebin, 2006) и принятия решений (Usher, 1993).

Главным условием использования ИНС является число связей между нейронами (число вычислительных путей): это число должно быть значительно меньше объема выборки данных — числа примеров, на которых проводится обучение (Круглов, 2001; Аbruков, 2013). При выполнении этого условия размерность — число психологических признаков — принципиального значения не имеет. Признаки могут иметь (например, признак пола) даже символичные значения. При малой выборке для предотвращения «переобучения» ИНС могут быть приняты специальные меры (Аксенов, 2006; Боровиков, 2008).

В настоящей работе предлагается использовать аппарат ИНС для выявления нелинейных связей и установления структуры связей между разноуровневыми психологическими характеристиками, полученными по данным психологического тестирования. Задача определения и прогнозирования значений психологических характеристик не ставится, поэтому объем выборки для обучения ИНС может быть ограниченным (от 50 до 100 испытуемых).

Для проверки возможностей применения ИНС были использованы данные психодиагностики младших подростков. Этот возрастной период считается переходным и кризисным (Lipsitz, 1977; Collins, 1984; Эльконин, 1995), динамика развития психики и личности детей



определяется большим числом разноуровневых характеристик: индивидуально-психологическими различиями, социально-психологическими факторами, уровневыми характеристиками интеллекта, гендерными особенностями (Князева, 2011; Поливанова, 2006; Цукерман, 2001). Для изучения особенностей психического развития детей этого возраста выявление латентных связей психологических характеристик является особо актуальным. В школе Б.Г. Ананьева изучались внутрифункциональные и межфункциональные связи психологических характеристик (Ананьев, 2001; Рыбалко, 2001). Однако анализ психологических особенностей детей младшего подросткового возраста не проводился. В нашей работе предлагается методика выявления таких связей, основанная на оценке показателей качества обучения ИНС.

Поскольку задачей исследования является оценка внутрисистемных связей, то анализ качества обучения ИНС будет осуществляться с использованием всех имеющихся данных, без разделения на обучающее и тестовое множество. Такой метод анализа позволяет на ограниченном количестве примеров сделать конкретные и адекватные выводы, исключить неоднородность данных, полученных в различных исследованиях с использованием разных процедур, условий и средств оценки.

Методологической базой исследования является концепция уровней исследования человека и его психики Б.Ф. Ломова (Ломов, 1996). Психика рассматривается как многоуровневая система, где нижний уровень представлен задатками человека и системами физиологического обеспечения психической деятельности. На следующих двух уровнях изучаются процессы и состояния человека, его когнитивные функции, а также свойства, качества и структуры в контексте поведения и деятельности. На самом высоком уровне рассматриваются характеристики личности и система ее социально-психологических отношений. Данная концепция предоставляет широкие возможности для систематизации данных, получаемых в рамках самых разных направлений психологических исследований — от психофизиологии и когнитивной психологии до психологии развития и психологии личности (Барабанщиков, 2007), позволяя в последнем случае проследить особенности возрастных периодов, динамику развития личности, охватить весь спектр характеристик психического развития ребенка в контексте социальных отношений.

Выборка и методы психодиагностики

Обследовались ученики 5-х классов, обучающиеся в общеобразовательной школе по стандартным учебным программам (выборка 90 человек).

Для психодиагностики использовались стандартизированные методы, выбранные в соответствии со следующими критериями: возможность выявления психологических показателей разного уровня; количество диагностируемых признаков — достаточное для проведения нейросетевого анализа; возможность вертикального системного анализа, характеризующего особенности психического развития детей.

Диагностировались следующие уровневые психологические характеристики:

— показатели верхнего уровня: Д1 — отношение к значимым родственникам — отцу, матери; Д2 — взаимоотношения со сверстниками; Д3 — отношение к школе, учителям; Д4 — отношение к себе (тест «Незаконченные предложения» В. Михала для детей 7–12 лет в адаптации Д.В. Лубовского) и мотивационные характеристики (потребность в достижении — ПД, тест «Потребность в достижениях» Ю.М. Орлова);

— ко 2-му уровню были отнесены личностные черты 12-факторного опросника Р.Б. Кеттелла и Р.В. Коана для детей 8–12 лет;



— уровень развития психических процессов определялся с помощью коэффициента интеллекта IQ (культурно независимый интеллектуальный тест Р.Б. Кеттелла) (Cattell, 1990); также учитывалось, что при создании культурно независимого теста интеллекта Р.Б. Кеттелл предполагал выявлять биологически заданный интеллект, который сформирован на базе архитектоники коры больших полушарий (может быть отнесен к базовому уровню задатков);

— тип нервной системы, соответствующий базовому уровню задатков и биологического обеспечения психических процессов, определялся с помощью теппинг-теста Е.П. Ильина.

В целом, соответствие психодиагностических данных указанным выше уровням и критериям является условным, а их включение в анализ определяется необходимостью демонстрации возможностей предлагаемых алгоритмов, что и являлось целью настоящего исследования.

Методика нейросетевого анализа

Основываясь на установленных теоретически и эмпирически правилах использования ИНС для анализа данных (Боровиков, 2008; Круглов, 2001), будем опираться на следующие общие положения.

1. Использование ИНС подразумевает наличие, структуру и определенную устойчивость связей между входными и выходными данными нейросети (факторами и целевыми функциями) (Вахт, 1994).

2. Качество обучения ИНС и созданной ИНС-модели может быть оценено по диаграмме рассеяния и статистическому распределению ошибок (гистограмме) процесса обучения ИНС.

3. Лучше использовать несколько ИНС с одним «выходом», чем одну ИНС с несколькими «выходами».

Схема соединения и число единичных нейронов в ИНС могут быть различными (Hebb, 1961; Rosenblatt, 1959). В настоящей работе используется ИНС прямого распространения (feed forward) с простой архитектурой (рис. 1 а). ИНС состоит из одного входного слоя, одного «скрытого» (внутреннего) слоя и одного выходного слоя.

Аналитическая платформа «Deductor», которая использовалась в работе, содержит средства «очистки» данных от противоречий и дубликатов, средства предварительного анализа (парциальная обработка, корреляционный, факторный анализ), методы интеллектуального анализа данных, включая ИНС, средства визуализации результатов.

В данной работе использовались следующие методы: средство «очистки» данных от противоречий и дубликатов, ИНС и средства визуализации полученных результатов.

Пример одной из использованных структур ИНС и результаты оценки качества ее обучения представлены на рис. 1. Значения личностных черт по Р.Б. Кеттеллу подаются на вход сети. Целевой функцией в данном случае выступает коэффициент интеллекта IQ, который, как указано выше, условно можно отнести к характеристикам базового уровня (биологически детерминированные, индивидуально-психологические характеристики).

При обучении различные наборы входных данных подаются на нейроны входного слоя ИНС, а выходные данные (IQ_Вых) сравниваются со значениями IQ из данных психодиагностики, соответствующими подаваемым на нейроны входного слоя наборам данных. На основе величины разности IQ_Вых и IQ вносятся поправки в «веса синапсов».



Так реализуется алгоритм «обратного распространения ошибки» (Круглов, 2001). Цикл повторяется пока ошибка не перестает уменьшаться (или достигается заданная точность). В используемой нами аналитической платформе «Deductor» вся процедура обучения выполняется полностью автоматически.

Для оценки качества процесса обучения и погрешности созданной ИНС-модели используется диаграмма рассеяния и гистограмма распределения среднеквадратичной ошибки.

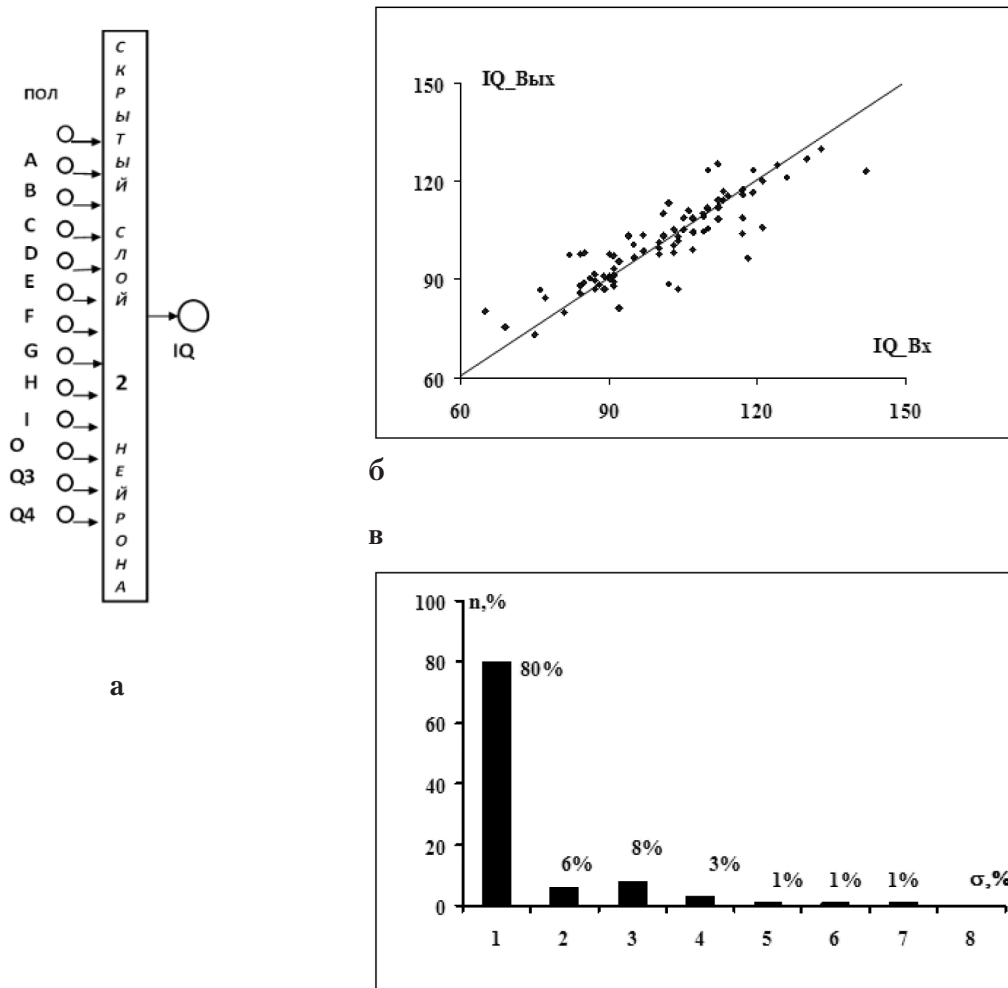


Рис. 1: а) структура ИНС, б) диаграмма рассеяния, в) гистограмма распределения среднеквадратичной ошибки при обучении сети для девочек и мальчиков на всем объеме данных. Интерпретация личностных качеств в 12-факторном опроснике Р.Б. Кеттелла и Р.В. Коана (SPQ): А – общительность-замкнутость; В – абстрактное-конкретное мышление; С – эмоциональная стабильность – неустойчивость; Д – возбудимость – уравновешенность; Е – независимость – покорность; F – беспечность – озабоченность; G – высокая – низкая дисциплинированность; Н – смелость – робость; І – мягкость – твердость; О – тревожность – спокойствие; Q3 – высокий – низкий самоконтроль; Q4 – напряженность – расслабленность. IQ – коэффициент интеллекта по результатам свободно культурного теста Р.Б. Кеттелла



Диаграмма рассеяния показывает в качественном виде «разброс» значений целевой функции ($IQ_Вых$), вычисляемых с помощью ИНС-модели, относительно значений IQ из данных психодиагностики — прямой линии на рис. 1 б.

Гистограмма распределения среднеквадратичной ошибки показывает процент различных значений разности между $IQ_Вых$ и IQ . В общем смысле величина среднеквадратичной ошибки показывает меру неопределенности результатов измерения или вычисления. В нашем случае — меру неопределенности ИНС-модели. Сравнение различных ИНС-моделей с помощью гистограммы распределения среднеквадратичной ошибки позволяет сравнивать меру их неопределенности с точки зрения учитываемых связей между переменными, в нашем случае — с точки зрения связей между данными психодиагностики.

Пример гистограммы распределения среднеквадратичной ошибки по интервалам ошибок представлен на рис. 1 в.

Гистограммы для разных ИНС-моделей позволяют при их сравнении выбрать лучшую модель с более «узкой» функцией (плотностью) распределения ошибок. Максимальная ошибка σ_{\max} ($\sigma_{\max} = 7,8\%$) и число примеров n_{σ} (в процентах или абсолютных единицах), имеющих ошибку до 5% (0,05) или до 1% (0,01) (в данном случае $n_{0,05} = 97\%$, $n_{0,01} = 80\%$, — рис. 1), могут служить численными критериями. Следовательно, процент распознаваемых связей, как и качество обучения ИНС-модели в целом, поддаются традиционному статистическому описанию с уровнем значимости и доверительным интервалом. Для обнаружения и оценки латентных связей можно менять количество и набор параметров (признаков) на входе сети, провести сравнительный анализ качества ИНС-модели по обозначенным критериям, сделать выводы о наиболее значимых входных параметрах (психологических признаках). Если психодиагностические данные на входе ИНС и целевая функция на ее выходе относятся к характеристикам разных уровней, предлагаемый подход позволяет проводить вертикальный системный анализ психологических характеристик.

Обработка и анализ данных

Межфункциональные связи психологических характеристик имеют гендерные различия. Для системного анализа ИНС-модели могут использоваться после разделения респондентов по признаку пола. ИНС (рис. 1) обучалась и тестировалась отдельно для мальчиков (41 человек) и девочек (49 человек). Признак пола на входе ИНС в этом случае исключался. Структура нейросети в остальном соответствует структуре, представленной на рис. 1. При обучении на выборке мальчиков качество ИНС-модели существенно повышается ($\sigma_{\max} = 2,6\%$; $n_{0,01} = 91\%$). Результаты анализа ИНС-модели по качеству обучения для девочек приблизительно соответствуют данным по общей выборке (рис. 1 б, в). Таким образом, предварительный вывод, подтверждающий полученные ранее данные (Slavutskaya, 2018), заключается в следующем: у мальчиков связь личностных черт с IQ более структурирована. Для них может быть построена ИНС-модель, выделяющая наиболее связанные с IQ личностные черты. Общий вид структуры соответствующей нейросети с тремя признаками из 12 личностных черт Р.Б. Кеттелла представлен на рис. 2.

Численные критерии качества обучения этой ИНС ($\sigma_{\max} = 3,2\%$; $n_{0,01} = 86\%$) оказываются выше, чем для общей выборки. Для девочек с уменьшением количества признаков на входе (в любой комбинации) качество обучения ИНС снижается. Доля распознаваемых связей ниже, чем в общей выборке (рис. 1) и $\sigma_{\max} \geq 13,6\%$. Такого рода результаты позволя-

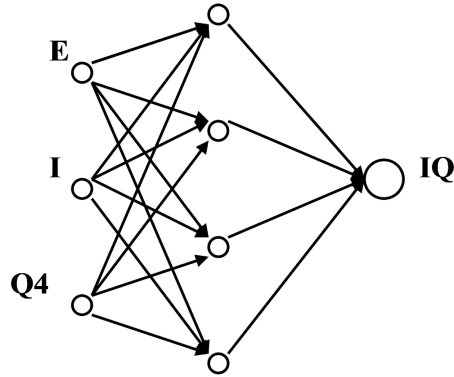


Рис. 2. ИНС-модель для мальчиков с тремя наиболее тесно связанными с IQ личностными чертами

ют подтвердить вывод о более однотипных связях психологических характеристик у мальчиков в этом возрасте.

Для вертикального анализа и оценки латентных (опосредованных) связей характеристик разного уровня строилась и анализировалась ИНС-модель, приведенная на рис. 3. На вход сначала подавались значения трех биологически детерминированных характеристик базового уровня (пол, IQ, характеризующие тип нервной системы результаты тестинга Т). Соответствующие вычислительные пути обозначены сплошными стрелками. В качестве целевой функции последовательно вводились характеристики верхнего уровня (потребность в достижении ПД, система отношений: в семье – Д1; со сверстниками – Д2; в школе – Д3; к себе – Д4).

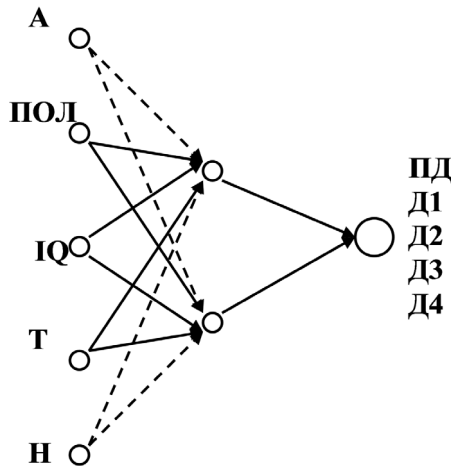


Рис. 3. Структура ИНС-модели для анализа опосредованных (через личностные черты) связей характеристик базового и верхнего уровня

Последовательный анализ связей характеристик базового и верхнего уровня показал, что результаты обучения ИНС существенно зависят от целевой функции – личностной характеристики верхнего уровня. Для Д4 и Д2 обучение ИНС позволяет обнаружить



устойчивую связь входных характеристик с целевой функцией: $\sigma_{\max} = 0,77\%$ ($n_{0,01} = 100\%$) и $\sigma_{\max} = 6,2\%$, $n_{0,05} = 95\%$, $n_{0,01} = 80\%$ соответственно. Для ПД, Д1, Д3 качество обучения сети оказывается очень низким. Для ПД $\sigma_{\max} = 12\%$, $n_{0,05} = 86\%$, $n_{0,01} = 0\%$; для Д1 $\sigma_{\max} = 16\%$, $n_{0,05} = 72\%$, $n_{0,01} = 0\%$; для Д3 $\sigma_{\max} = 20\%$, $n_{0,05} = 76\%$, $n_{0,01} = 0\%$.

Таким образом, можно предположить значимую связь типа нервной системы (Т) и интеллекта (IQ) с такими показателями верхнего уровня, как отношение к себе (Д4) и к сверстникам (Д2). Отношение к семье и школьному окружению, как и мотивация, определяются большим количеством факторов.

Характеристиками и психологическими факторами, определяющими латентные связи, могут быть показатели промежуточного, 2-го, уровня. В данном случае такие показатели обнаружены в виде коммуникативных черт в 12-факторном опроснике Р.Б. Кеттелла и Р.В. Коана (СРQ): А — общительность—замкнутость; Н — смелость—робость в общении (рис. 3, пунктир). Если на вход ИНС-модели вместе с показателями базового уровня подаются значения этих личностных черт, то качество обучения нейронной сети существенно улучшается в отношении оценки целевых функций, качество ИНС-моделей с которыми было низким при анализе трех входных признаков. Для ПД $\sigma_{\max} = 4,8\%$, $n_{0,05} = 100\%$, $n_{0,01} = 86\%$; для Д1 $\sigma_{\max} = 16\%$, $n_{0,05} = 87\%$; для Д3 $\sigma_{\max} = 5,7\%$, $n_{0,05} = 81\%$, $n_{0,01} = 62\%$. Кроме того, для получения качественной ИНС-модели один из коммуникативных признаков А или Н может быть заменен на входе сети (см. рис. 3) на волевой признак G (соблюдение норм и правил поведения, волевой показатель).

Таким образом, можно считать, что связь психосоциальных характеристик верхнего уровня ПД, Д1 и Д3 с базовыми биологическими характеристиками опосредована коммуникативными и волевыми личностными чертами А, Н, G.

Если качество ИНС-модели по статистическим критериям достаточно высокое, то для каждого респондента может быть построена кривая зависимости выходного признака нейросети от величины каждого из входных признаков (Славутская, 2014). Например, такими зависимостями могут быть ПД(Н), ПД(G), ПД(А).

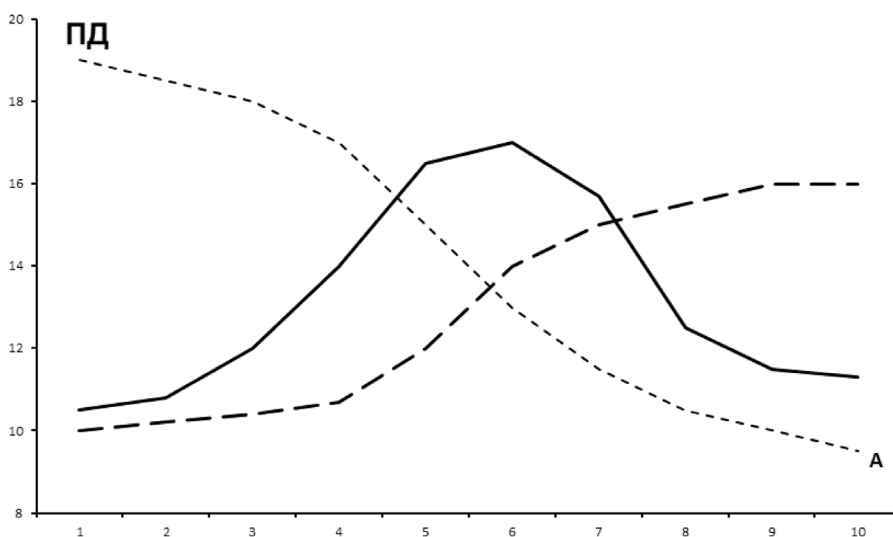


Рис. 4. Примеры кривых зависимостей (аппроксимаций) ПД(А) для разных респондентов



На рис. 4 приведены примеры соответствующих зависимостей ПД(А) для разных респондентов. Такие зависимости представляют собой аппроксимацию значений изучаемых показателей для каждого респондента, полученную как результат многопараметрической оптимизации, которой является процесс обучения ИНС. Эти кривые необходимо рассматривать как модели «что если», описывающие возможные изменения целевой функции (в данном случае — ПД) при варьировании значений признака А на входе ИНС. Сами зависимости носят самый разнообразный нелинейный характер: нарастающие, убывающие, с экстремумом. Диапазон их варьирования по вертикальной оси определяет степень влияния входного признака на целевую функцию ИНС для каждого респондента (Славутская, 2014). Вместе с оценкой характера зависимости (нарастающая, убывающая) этот диапазон позволяет делать выводы о связи входных и выходных данных ИНС как *селективно* (для каждого респондента), так и в статистическом смысле (количество респондентов из выборки, имеющих те или иные взаимосвязи между диагностируемыми признаками).

Возможность получения и анализа таких *нелинейных зависимостей* для каждого респондента принципиально отличает предлагаемые нейросетевые алгоритмы от традиционных методов математической статистики. Использование коэффициента ранговой корреляции или построение нелинейных регрессионных зависимостей позволяет оценить нелинейные *монотонные* связи между психологическими признаками только в *статистическом* смысле (в среднем по выборке).

Обсуждение результатов

Приведем примеры интерпретации полученных результатов. Ранее была обнаружена нелинейная связь вербального и невербального интеллекта, опосредованная отдельными личностными качествами учащихся (Славутская, 2014). Анализ результатов психодиагностики пятиклассников с помощью аппарата ИНС показал более структурированные взаимосвязи личностных черт с коэффициентом IQ в группе мальчиков, в отличие от аналогичных показателей в группе девочек. Более того, для мальчиков удастся выделить три психологических показателя (E, I, Q4), которые позволяют получить качественную ИНС-модель. При любом уменьшении количества признаков (нейронов) на входе при обучении ИНС для выборки девочек увеличиваются ошибки и уменьшается процент распознаваемых ИНС-связей. Этот результат подтверждает полученные ранее данные. В группе мальчиков наблюдаются более однотипные взаимосвязи между психологическими характеристиками, а в группе девочек — большой «разброс» психологических показателей (Slavutskaya, 2018). С точки зрения системного анализа, данный разброс показателей может говорить о более ранней потере устойчивости системой межфункциональных связей в случае девочек для последующей самоорганизации системы на новом уровне; такая динамика показателей может свидетельствовать о дезадаптации школьников (Славутская, 2013). Результаты подтверждают выводы о неравномерности и гендерной гетерохронности психического развития детей предпубертатного возраста, более раннем начале возрастного кризиса у девочек.

Особый интерес представляют результаты ИНС-анализа взаимосвязи характеристик базового уровня и личностных характеристик в зависимости от показателей интеллекта IQ. Качество ИНС-модели оказывается низким, когда на вход сети подаются IQ, T (тип нервной системы) и пол ребенка, а на выходе — ПД (потребность в достижении). Если на вход дополнительно к вышеуказанным показателям добавить качество G (соблюдение норм и правил, волевой показатель) и коммуникативные характеристики А или Н, то качество об-



учения ИНС резко улучшается. Можно сделать вывод о взаимосвязи волевых и коммуникативных качеств с мотивацией пятиклассников.

Результаты анализа ИНС-модели в зависимости от разных уровневых показателей интеллекта IQ следующие. Для пятиклассников с IQ выше 110 с увеличением значения показателя G (соблюдение норм и правил) потребность в достижении (ПД) снижается, а для детей с IQ ниже 90 с увеличением значения показателя G потребность в достижении (ПД) возрастает. Выявление такого рода взаимосвязи позволяет оценить возможность развития мотивации через воздействие на волевою сферу.

Если на вход ИНС (рис 3) вместо G подается характеристика А (общительность—замкнутость), то для пятиклассников с IQ выше 110 с повышением значения коммуникативного показателя А потребность в достижении (ПД) увеличивается. Для школьников с IQ ниже 90 с увеличением значения показателя А потребность в достижении (ПД) возрастает, но незначительно. При замене на входе G на Н (смелость—робость в общении) для мальчиков зависимость ПД от Н прямая: потребность в достижении резко возрастает при большем значении Н (смелость в общении). Для мальчиков при формировании потребности в достижении значимым показателем является именно смелость в установлении и поддержании контактов с окружающими (не частота контактов или их эмоциональная насыщенность). В группе девочек аналогичные показатели имеют более сложную взаимосвязь: так, например, для пятиклассниц с IQ выше 110 эта зависимость обратная — с повышением значения коммуникативного показателя Н потребность в достижении (ПД) уменьшается. Для всех школьников с IQ ниже 90 все изменения и зависимости менее выражены, наиболее весомым фактором в рассматриваемом случае является качество G (соблюдение норм и правил поведения).

Результаты проведенного с использованием обучения ИНС анализа, представленные на рис. 3, показывают взаимосвязь характеристик базового (IQ и Т — тип нервной системы) и личностного уровня (система отношений: Д2 — отношение к себе, Д4 — отношение к сверстникам). С другой стороны, прямой взаимосвязи характеристик базового уровня с мотивационными характеристиками и с прочими компонентами социального окружения (отношением к семье, к школе) не обнаружено. Но связи могут быть опосредованными, что подтверждается данными, полученными при введении психологических характеристик (А — общительность и Н — смелость в контактах) 2-го уровня на вход сети (рис. 3) и, как следствие, улучшением качества обучения ИНС. Психическое развитие пятиклассников с учетом всех сфер взаимодействия детей с социумом опосредовано развитием коммуникативных черт. Таким образом, можно говорить о важном значении коммуникации и взаимодействия с окружающими в психическом развитии детей младшего школьного возраста до достижения ими предпододросткового кризиса 11—12 лет (Славутская, 2013).

Выводы

Таким образом, применение достаточно простых нейросетевых алгоритмов с использованием ИНС прямого распространения позволяет выявить опосредованные нелинейные взаимосвязи психологических признаков. Анализ латентных взаимосвязей не только демонстрирует специфику психосоциального развития младших подростков, но и позволяет сформулировать обоснованные рекомендации для организации психологического сопровождения.

Полученные результаты показывают, что аппарат искусственных нейронных сетей может использоваться для вертикального системного анализа данных психодиагностики.



Обучение ИНС, рассматриваемое как задача нелинейной многопараметрической оптимизации, позволяет выявить латентные связи между психологическими характеристиками. Предлагаемые количественные статистические критерии оценки качества ИНС-моделей обладают достаточной валидностью с точки зрения проведения сравнительного анализа особенностей психического развития у разных групп респондентов.

Литература

1. *Абруков В.С., Абруков С.В., Смирнов А.В., Карлович Е.В.* Data mining в научных исследованиях. Conference: Nanostructured materials and converting devices-NANOSOLAR-2013 [Электронный ресурс]. Чебоксары, 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/270452415_Data_mining_v_nauchnyh_issledovaniyah (дата обращения: 17.09.2018).
2. *Аксенов С.В., Новосельцев В.Б.* Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / Под ред. В.Б. Новосельцева. Томск: Изд-во НТЛ, 2006. 128 с.
3. *Ананьев Б. Г.* Человек как предмет познания. СПб.: Питер, 2001. 288 с.
4. *Арзамасцев А.А., Зенкова Н.А.* Моделирование в психологии на основе искусственных нейронных сетей. Тамбов: ИМФИ ТГУ имени Г.Р. Державина, 2003. 106 с.
5. *Барабанщиков В.А.* Системный подход в структуре психологического познания // Методология и история психологии. 2007. Т. 2. Вып. 1. С. 86–99.
6. *Боровиков В.П.* Нейронные сети. Методология и технологии современного анализа данных / Под ред. В.П. Боровикова. М.: Горячая линия-Телеком, 2008. 392 с.
7. *Воробьев А.В.* Обзор применения математических методов при проведении психологических исследований // Психологические исследования: электрон. науч. журн. 2010. № 2 (10).
8. *Головей Л.А., Рыбалко Е.Ф., Прохоренко Т.В.* Психология развития: хрестоматия. СПб.: Питер, 2001. 512 с.
9. *Князева Т.Н.* Предпозданный возраст как проблема современного детства // Вопросы психологии. 2011. № 6. С. 25–35.
10. *Круглов В.В., Борисов В.В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия-Телеком, 2001. 287 с.
11. *Омов Б.Ф.* Системность в психологии: избранные психологические труды. Воронеж: МОДЭК; Москва: Московский психолого-социальный институт, 1996. 384 с.
12. *Поливанова К.Н.* Психологический анализ возрастной периодизации // Культурно-историческая психология. 2006. № 1. С. 26–31.
13. *Славутская Е.В., Славутский Л.А.* Нейросетевой анализ взаимосвязи вербального и невербального интеллекта младших подростков // Психологический журнал. 2014. Т. 35. № 5. С. 28–36.
14. *Славутская Е.В., Славутский Л.А.* Факторный анализ взаимосвязи индивидуально-психологических и личностных характеристик младших подростков с уровнем школьной дезадаптации // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 4. С. 40–51.
15. *Цукерман Г.А.* Переход из начальной школы в среднюю как психологическая проблема // Вопросы психологии. 2001. № 5. С. 19–34.
16. *Эльконин Д.Б.* Психическое развитие в детских возрастах. Избранные психологические труды. / Под ред. Д.И. Фельдштейна. М.: Издательство «Институт практической психологии»; Воронеж: НПО «МОДЕК», 1997. 416 с.
17. *Шендяпин В.Н., Скотникова И.Г., Барабанщиков В.А., Тарасов В.Б.* Математическое моделирование уверенности при принятии решения в сенсорных задачах // Психологический журнал. Т. 29. № 4. 2008. С. 84–97.
18. *Baxt W.G.* Complexity, chaos and human physiology: the justification for non-linear neural computational analysis // Cancer Lett. 1994. Vol. 77. № 2–3. P. 85–93.
19. *Berebin M.A., Pashkov S.V.* Neural networks models usage experience for psychic de-adaptation prediction [Опыт применения нейросетевых моделей в тселяках прогноза физической дезадаптации]. Vestnik YurGV (The South Urals State University Bulletin). 2006. № 14. P. 41–45.
20. *Cattell R.B.* Advanced in Cattellian Personality Theory. Handbook of Personality. Theory and Research. N.Y.: The Guilford Press, 1990.



21. Collins W.A. (ed.) Development during middle childhood: The years from six to twelve. Washington, DC: Natl. Acad. Press, 1984.
22. Dogic S., Karli G. Sign Language Recognition using Neural Networks // TEM Journal. 2014. 3 (4). P. 296–301.
23. Haykin S. Neural networks: A comprehensive Foundation. New York: Prentice Hall, 1999.
24. Hebb D. Organization of behavior. New York: Science Edition, 1961.
25. Lipsitz J.S. Growing up forgotten: A review of research and programs concerning early adolescence. Toronto: Lexington Books, 1977.
26. Lorenz V.A, Gavnkov V.L., Khlebopros R.G. Errors level discretisation during the neural network teaching [Дискретизация уровня ошибок при обучении нейронной сети]. Vestnik KGPU (Bulletin of KSPU). Krasnoyarsk. 2012. № 3. P. 93–100.
27. Rosenblatt R. Principles of neurodynamics. New York: Spartan Books, 1959.
28. Reznichenko N.S., Shilov S.N., Abdulkin V.V. Neuron Network Approach to the Solution of the Medical-Psychological Problems and in Diagnosis Process of Persons with Disabilities (Literature Review) // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences. 2013. Vol. 9 (6). P. 1256–1264.
29. Slavutskaya E., Nikolaev E., Ivanova G., Yusupov I. Gender Characteristics Of Junior Adolescents' Personal Traits [Электронный ресурс] // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences. ECCE 2018. URL: <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2018.07.69> (дата обращения: 17.09.2018).
30. Usher M., Zakay D. A neural network model for attribute-based decision processes // Cognitive Science. 1993. Vol. 17. P. 349–396.

SIMPLE NEURO NETWORK ALGORITHMS FOR EVALUATING LATENT LINKS OF YOUNGER ADOLESCENT'S PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS

SLAVUTSKAYA E.V.*, *Chuvash State Pedagogical University of I.Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia,*
e-mail: slavutskayaev@gmail.com

ABRUKOV V.S.**, *Chuvash State University, Cheboksary, Russia,*
e-mail: abrukov@yandex.ru

SLAVUTSKII L.A.***, *Chuvash State University, Cheboksary, Russia,*
e-mail: lenya@slavutskii.ru

The artificial neural networks (ANN) for the psycho-diagnostics data analyzing is used. It is shown that the training of a simple ANN of direct propagation, as the problem of nonlinear multi-parameter optimization, allows to carry out the vertical system analysis and to assess the latent, non-linear relationship between

For citation:

Slavutskaya E.V., Abrukov V.S., Slavutskii L.A. Simple neuro network algorithms for evaluating latent links of younger adolescent's psychological characteristics. *Экспериментальная психология = Experimental psychology (Russia)*, 2019, vol. 12, № 2, pp. 131–144. doi:10.17759/exppsy.2019120210

* *Slavutskaya Elena Vladimirovna*, doctor of Psychology, professor of Psychology and Social Pedagogic department of Chuvash State Pedagogical University of I.Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia. E-mail: slavutskayaev@gmail.com

** *Abrukov Viktor Sergeevich*, doctor of physics and mathematical sciences, professor of Applied Physics and Nanotechnology Department, Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: abrukov@yandex.ru

*** *Slavutskii Leonid Anatolievich*, doctor of physics and mathematical sciences, professor of Automatics and Control department, Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lenya@slavutskii.ru



different level's psychological characteristics (the system of relationships, motivational characteristics, personality traits, intelligence, the type of nervous system). The detection of such links using the traditional for psychology the correlative ore factor analysis is difficult. Quantitative criteria are proposed for evaluating the quality of ANN algorithms, which are based on a scattering diagram and the statistical distribution of errors in the learning and testing of a neural network. As an example, the data of psycho-diagnostics of younger adolescents are analyzed. The proposed algorithms and criteria made it possible to detect latent links between psychological characteristics, to evaluate the ratio of psychological level-based indicators.

Keywords: younger adolescents, psychological characteristics, latent links, artificial neural networks, neural network algorithms.

References

1. Abrukov V.S., Abrukov S.V., Smirnov A.V., Karlovich E.V. Data mainin v naychnih issledovaniyah [Data mainin in scientific researches]. Conference: Nanostructured materials and converting devices-NANOSOLAR-2013, [Elektronnyi resurs] Cheboksary, 2013.//URL:https://www.researchgate.net/publication/270452415_Data_mining_v_naucnyh_issledovaniyah (Accessed: 17.09.2018).
2. Aksenov S.V., Novoseltsev V.B. Organizatsiya i ispol'zovaniye neyronnykh setey (metody i tekhnologii) [Organization and use of neural networks (methods and technologies)] / Pod. red. V.B. Novoseltseva. Tomsk: Izd-vo NTL, 2001. 128 p.
3. Ananiev B.G. Chelovek kak predmet poznaniya [Man as an object of knowledge]. Spb.: Piter, 2001. 288 c.
4. Arzamashev A.A. Zenkova N.A. Modelirovanie v psihologii na osnove iskysstvennih neironnih setei [Modeling in psychology on the basis of artificial neural networks]. Tambov: IMFI im. Derzavina. 2003, 106 p.
5. Barabanchikov V.A. Sistemniy podhod v strukture psihologicheskogo poznanija [The System Approach in the Structure of Psychological Cognition] // Metodologiya i istoriya psihologii [Methodology and History of Psychology]. 2007. T. 2. V.1. pp.86–99.
6. Borovikov V.P. Neironnii seti. Metodologiya I tehnologiya sovremennogo analiza dannih / Pod. red. V.P. Borovikova. M. : Goryachaiya liniya-Telecom, 2008. 392 p.
7. Vorobev A.V. Obzor primeneniya matematicheskikh metodov pri provedenii psikhologicheskikh issledovaniy [The review of mathematical methods application in psychological researches]. // Psikhologicheskie issledovaniya: elektronni naychni gournal [Psychological research: electron. sci. journal]. 2010. № 2. (10).
8. Golovey L.A., Rybalko Ye.F., Prokhorenko T.V. Psikhologiya razvitiya. Khrestomatiya [Developmental psychology. Reader]. SPb.: Piter, 2001. 512 c.
9. Kniazeva T.N. Predpodrostkovyy vozrast kak problema sovremennogo detstva [Preteen age as a problem of modern childhood] // Voprosy psikhologii [Questions of Psychology]. 2011. № 6. C. 25–35.
10. Kruglov V.V., Borisov V.V. Iskustvennii neironnii seti. Teoriya i praktika [Artificial neural networks. Theory and practice]. M.: Goryachaiya liniya – Telecom, 2002. 287 p.
11. Lomov B.F. Sistemnost' v psikhologii : izbrannyye psikhologicheskiye trudy [Systematic in psychology: selected psychological works]. Voronezh: MODEK; Moskva: Moskovskiy psikhologo-sotsial'nyy institute, 1996. 384 c.
12. Polivanova K.N. Psikhologicheskiy analiz voznrastnoy periodizatsii [Psychological Analysis of Age Periodization] // Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya [Cultural-Historical Psychology]. 2006. № 1. C. 26–31.
13. Slavutskaya E.V., Slavutskii L.A. Neurosetevoi analiz vzaimosvyazi verbalnogo i neverbalnogo intellekta mladchih podrostkov [Neural network analysis of the interrelation between verbal and nonverbal intelligence of younger adolescents] // Psikhologicheskii jurnal [Psychological journal]. 2014. V. 35. № 5. pp. 48–56. (in Russian)
14. Slavutskaya E.V., Slavutskii L.A. Faktornii analiz vzaimosvyazi individualno-psihologicheskikh i lichnostnih harakteristik mladchih podrostkov s yrovnem shkolnoi dezadaptatsii [Factor analysis of the relationship between the individual psychological and personal characteristics of younger adolescents with the level of school disadaptation] // Eksperimentalnaya psikhologiya [Experimental Psychology]. 2013. V. 6. № 4. pp. 40–51.



15. Tsukerman G.A. Perekhod iz nachal'noy shkoly v srednyuyu kak psikhologicheskaya problema [The transition from primary to secondary school as a psychological problem] // *Voprosy psikhologii* [Questions of psychology], 2001. № 5. С. 19 – 34.
16. Elkonin D.B. Psikhicheskoye razvitiye v detskikh vozrastakh. Izbrannyye psikhologicheskiye Trudy [Mental development in childhood. Selected psychological works] / Pod red .D.I. Fel'dshcheyna. M.: Izdatel'stvo «Institut prakticheskoy psikhologii»; Voronezh: NPO «MODEK», 1997. 416 с.
17. Shendiapin V.N., Skotnikova I.G., Barabanchikov V.A., Tarasov V.B. Matematicheskoe modelirovanie uverenosti pri priinatii rechenia v sensornikh zadachakh [Mathematical modeling of confidence in decision-making in sensory tasks] / *Psychological Journal* [Psychological journal]. Т. 29. № 4. 2008. pp. 84–97.
18. Baxt W.G. Complexity, chaos and human physiology: the justification for non-linear neural computational analysis // *Cancer Lett*, 1994. Vol. 77. № 2–3. P. 85–93.
19. Berebin M.A., Pashkov S.V. Neural networks models usage experience for psychic de-adaptation prediction [Opit ptimenenia neurosetevykh modelei v tselayakh prognoza fizicheskoi desadaptatsii] *Vestnik YurGV* (The South Urals State University Bulletin), 2006. № 14. P. 41– 45.
20. Cattell R.B. *Advanced in Cattelian Personality Theory. Handbook of Personality. Theory and Research.* N.Y.: The Guilford Press, 1990.
21. Collins W.A. (ed.) *Development during middle childhood: The years from six to twelve.* Washington, DC: Natl. Acad. Press, 1984.
22. Dogic S., Karli G. Sign Language Recognition using Neural Networks // *TEM Journal*, 2014. 3 (4). P. 296–301.
23. Haykin S. *Neural networks: A comprehensive Foundation.* New York: Prentice Hall, 1999.
24. Hebb D. *Organization of behavior.* New York: Science Edition, 1961.
25. Lipsitz J.S. *Growing up forgotten: A review of research and programs concerning early adolescence.* Toronto: Lexington Books, 1977.
26. Lorenz V.A, Gavnikov V.L., Khlebopros R.G. Errors level discretisation during the neural network teaching [Diskretizatsiya urovnya oshibok pri obuchenii nejronnoi seti] *Vestnik KGPU* (Bulletin of KSPU). Krasnoyarsk, 2012. N 3. P. 93–100.
27. Rosenblatt R. *Principles of neurodynamics.* New York: Spartan Books, 1959.
28. Reznichenko N.S., Shilov S.N., Abdulkin V.V. Neuron Network Approach to the Solution of the Medical-Psychological Problems and in Diagnosis Process of Persons with Disabilities (Literature Review) // *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 2013. V. 9 (6). P. 1256–1264.
29. Slavutskaya E., Nikolaev E., Ivanova G., Yusupov I. Gender Characteristics Of Junior Adolescents' Personal Traits // *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences. ECCE 2018* [Электронный ресурс] // URL: <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2018.07.69> (дата обращения: 17.09.2018).
30. Usher M., Zakay D. A neural network model for attribute-based decision processes // *Cognitive Science*. 1993, V. 17. P. 349–396.