



© Е. В. Славутская, В. С. Аbruков, Л. А. Славутский, С. У. Бичурина, В. В. Садовая

DOI: [10.15293/2658-6762.2003.05](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.05)

УДК 159.9+371

Вертикальный системный анализ данных психодиагностики учащихся с использованием метода «дерево решений»

Е. В. Славутская, В. С. Аbruков, Л. А. Славутский (Чебоксары, Россия),
С. У. Бичурина, В. В. Садовая (Казань, Россия)

***Проблема и цель.** Выбор форм и методов психолого-педагогического сопровождения учащихся (индивидуально и в группе) в рамках современной образовательной парадигмы требует новых средств анализа данных. Цель работы: исследовать возможности доступного для использования практическими психологами образования современного инструмента – метода «дерево решений» для вертикального системного анализа данных психодиагностики и выбора форм и методов психолого-педагогического сопровождения учащихся.*

***Методология.** На основе системного подхода в психологии и педагогике, при использовании одного из инструментов интеллектуального анализа данных – метода «дерево решений», рассматривается задача классификации результатов психодиагностики учащихся. На примере вертикального системного анализа данных тестирования школьников предпуберткового возраста строится иерархическая структура связей их разноуровневых психологических характеристик (задатки, индивидуально-психологические и характеристики психосоциального уровня). Диагностические инструменты выбирались таким образом, чтобы в анализируемых данных условно присутствовали психологические характеристики всех уровней. Использовались стандартизированные, шкалированные методы психодиагностики, которые достаточно широко*

Славутская Елена Владимировна – доктор психологических наук, профессор кафедры психологии и социальной педагогики, Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева.

E-mail: slavutskayaev@gmail.com

Аbruков Виктор Сергеевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий, Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова.

E-mail: abrukov@yandex.ru

Славутский Леонид Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры автоматизации и управления в технических системах, Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова.

E-mail: lenya@slavutskii.ru

Бичурина Сеимбика Усмановна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры дошкольного образования, Казанский (Приволжский) федеральный университет.

E-mail: Bichurina@yandex.ru

Садовая Виктория Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры начального образования Института психологии и образования, Казанский (Приволжский) федеральный университет.

E-mail: vikycha2006@gmail.com

распространены в психолого-педагогической практике. Два нижних уровня: тип нервной системы (теппинг-тест Е. П. Ильина) и IQ (культурно – независимый тест Р. Б. Кеттелла). Индивидуально-психологические качества личности в поведении и деятельности анализировались на основе 12-ти факторного опросника Р. Б. Кеттелла и Р. В. Коана (СРQ). Верхний уровень социально-психологических отношений представлен показателями: отношение к семье, сверстникам, к школе, к себе (тест «Незаконченные предложения» В. Михала); мотивационной характеристикой (тест «Потребность в достижении»). Обработывались результаты психологической диагностики 83-х школьников (11–12 лет, пятый класс средней общеобразовательной школы), для которых получены 19 численных показателей тестирования.

Результаты. При апробации метода «дерево решений» продемонстрировано, что алгоритм может применяться практическими психологами образования для анализа относительно небольшой выборки результатов психодиагностики – начиная от нескольких десятков респондентов. Показано, что вертикальный системный анализ психологических характеристик может наглядно проводиться по упрощенной процедуре: при сравнении значимости входных атрибутов при классификации по разному количеству подмножеств целевой переменной. В качестве переменных, по которым осуществлялась классификация данных, использовались показатели верхнего уровня (мотивация и система отношений). Метод «дерево решений» позволяет проводить анализ и оценку не только прямых, но и латентных (опосредованных, скрытых) связей психологических данных учащихся. Для предпуберткового возраста анализ связей разноуровневых характеристик по результатам классификации показывает прямую взаимосвязь только некоторых характеристик социального уровня с характеристиками базового уровня (задатками) и лишь опосредованную связь с коммуникативными чертами. Психологическая интерпретация выявленных взаимосвязей данных тестирования позволяет уточнить возрастную специфику конкретных групп учащихся для последующего психолого-педагогического сопровождения. Обсуждается возможность использования результатов в анализе проблем перехода учащихся из начальной в среднюю общеобразовательную школу.

Заключение. Построение иерархических моделей связи разноуровневых данных психодиагностики учащихся представляет интерес для достаточно широкого круга задач педагогики и психологии, вне зависимости от возраста респондентов, показывает эффективность предлагаемого метода как инструмента для их решения.

Ключевые слова: школьники предпуберткового возраста; разноуровневые психологические характеристики; вертикальный системный анализ; латентные связи; интеллектуальный анализ данных; дерево решений.

Постановка проблемы

Метод «дерево решений» (ДР)¹ является одним из инструментов интеллектуального анализа данных (data mining)², и используется вместе с нейронными сетями и алгоритмами

кластеризации [26] для выявления неочевидных закономерностей в данных³ [17], скрытых (латентных) связей (зависимостей) между переменными процесса, явления, объекта⁴. Наиболее часто ДР применяются для решения

¹ Левитин А. В. Ограничения мощи алгоритмов: Деревья принятия решения // *Алгоритмы. Введение в разработку и анализ* (глава 10) – М. : Вильямс, 2006. – С. 409–417.

² Дюк В., Самойленко А. *Data Mining: учебный курс.* – СПб. : Питер, 2001. – 386 с.

³ Holena M., Pulc P., Kopp M. *Classification Methods for Internet Applications.* Springer. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36962-0>

⁴ Kantardzic, M. *Data mining: concepts, models, methods, and algorithms.* – John Wiley & Sons, 2011. – 550 p.

регрессионных задач⁵, задач классификации⁶ и, по мнению ряда авторов [19; 20], позволяет наиболее наглядно представить их решение [11].

Методы интеллектуального анализа данных применяются для решения задач классификации в образовании [6; 25], в медицине⁷ и здравоохранении [7; 29]. В психологии эти методы пока широкого распространения не получили, так как они применяются, прежде всего, для анализа больших массивов данных, а практические психологи, в основном, имеют дело с ограниченной выборкой респондентов и предпочитают пользоваться традиционными методами статистического оценивания [2]. Исключение составляют задачи автоматизации процедуры психодиагностики и психофизиологии, где методы искусственного интеллекта и, например, аппарат искусственных нейронных сетей, находят все более широкое применение [7].

Методы интеллектуального анализа психодиагностических данных имеют преимущество, когда разные психологические тесты имеют сильно отличающиеся или ограниченные численные шкалы [8; 9]. В этом случае традиционные статистические методы имеют существенные ограничения и не всегда адекватно описывают причинно-следственные связи между психологическими признаками. Кроме того, связи между психологическими характеристиками часто носят латентный или опосредованный характер [3; 10]. Это относится, в частности, к связям между психологическими признаками, описывающими разные

уровни психики человека [4; 5] как системы, имеющей иерархическую структуру [1; 21; 22].

В настоящей работе при помощи ДР рассматривается задача классификации психодиагностических данных, в частности, задача построения иерархической структуры связей разноразмерных психологических характеристик [15]. По сути, это соответствует вертикальному системному анализу, когда устанавливаются связи между характеристиками нижнего уровня (задатки, индивидуально-психологические характеристики) и характеристиками психосоциального уровня (личностными) [16; 24]. Психологическая интерпретация выявленных взаимосвязей данных тестирования позволяет уточнить возрастную специфику конкретных групп учащихся для последующего психолого-педагогического сопровождения.

Методология исследования

Вертикальный системный анализ данных психодиагностики проводился в соответствии с концепцией Б. Ф. Ломова⁸. Изучение психики представляет собой систему, где на нижнем уровне рассматриваются задатки и системы физиологического обеспечения психической деятельности [18]. На следующих уровнях изучаются когнитивные функции, процессы, состояния и качества человека в его поведении. На высшем уровне – личность и ее социально-психологические отношения [28]. Такой подход дает широкие возможности систематизации и анализа психологических данных от психофизиологических характеристик

⁵ Breiman L., Friedman J. H., Olshen R. A., Stone C. J. Classification and regression trees. Monterey CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1984. – 366 p.

⁶ Шитиков В. К., Мاستицкий С. Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. – Тольятти, Лондон. 2017. – 351 с. URL: <https://ranalytics.github.io/data-mining>

⁷ Дюк В. А., Эмануэль В. Л. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

⁸ Ломов Б. Ф. Системность в психологии: избранные психологические труды. – Воронеж: МОДЭК; М.: Московский психолого-социальный институт, 1996. – 384 с.

до психосоциальных явлений [12–14]. Соответствующий анализ все более широко используется в образовании⁹ [27]. Изучение биологических предикторов социального поведения – быстроразвивающееся направление [23].

В настоящей работе анализируются результаты психологической диагностики 83-х школьников предподросткового возраста (11–12 лет, пятый класс средней общеобразовательной школы). Диагностические инструменты выбирались таким образом, чтобы в анализируемых данных присутствовали психологические характеристики всех обозначенных выше уровней (см. таблицу 1). При этом использовались стандартизированные, шкалированные тесты, которые достаточно широко распространены в психологической практике:

1. Два нижних уровня представлены типом нервной системы – теппинг-тест Е. П. Ильина (диапазон варьирования целочисленных значений от 26 до 67) и «флюид-

ным интеллектом» IQ – культурно независимый тест Р. Б. Кеттелла (диапазон значений от 81 до 118).

2. Качества личности в поведении и деятельности анализировались на основе 12-ти факторного опросника Р. Б. Кеттелла и Р. В. Коана (CPQ) (диапазон варьирования целочисленных значений от 1 до 10).

3. Верхний уровень социально-психологических отношений представлен следующими показателями: 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, диапазоны целочисленных значений от -3 до 8) и мотивационные характеристики (потребность в достижении – ПД, тест «Потребность в достижениях» Ю. М. Орлова, диапазон от 10 до 18).

Таблица 1

Пример данных психологического тестирования

Table 1

Example of psychological testing data

П о л	Задатки, физиологическое обеспечение психической деятельности	Когнитивные функции	Качества личности в поведении и деятельности												Система социально-психологических отношений				
	Тип нервной системы, «Флюидный интеллект»		Черты личности по Р.Б. Кеттеллу												Мотивация, отношения				
	Т	IQ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	O	Q3	Q4	ПД	Д1	Д2	Д3	Д4
М	30	118	5	3	5	5	3	4	5	9	6	9	9	4	13	6	2	3	0
Д	33	107	7	8	6	3	5	4	6	2	6	6	7	6	11	1	1	2	-3
...

Примечание к таблице: интерпретация личностных качеств в 12-факторном опроснике Р. Б. Кеттелла и Р. В. Коана (CPQ): А – общительность – замкнутость; В – абстрактное – конкретное мышление; С – эмоциональная стабильность – неустойчивость; D – возбудимость – уравновешенность; E – независимость – покорность; F – беспечность – озабоченность; G – высокая – низкая дисциплинированность; H – смелость – робость; I – мягкость – твердость; O – тревожность – спокойствие; Q3 – высокий – низкий самоконтроль; Q4 – напряженность – расслабленность.

Note to the table: interpretation of personal traits in the 12-factor questionnaire (CPQ): A – sociability – isolation; B – abstract – concrete thinking; C – emotional stability – instability; D – excitability – balance; E – independence – submission; F – carelessness – concern; G – high – low discipline; H – courage – timidity; I – softness – firmness; O – anxiety – calm; Q3 – high – low self - control; Q4 – tension – relaxation.

⁹ Keefer K. V., Parker J. D. A., Saklofske D. H. (Eds) Emotional Intelligence in Education (Integrating Research

with Practice) // The Springer Series on Human Exceptionality. – 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90633-1>

Разделение данных психодиагностики (таблица 1) по уровням является условным. Как будет показано ниже, анализ таких данных позволяет оценить скрытые и опосредованные связи между характеристиками нижнего и верхнего уровня, то есть построить иерархическую модель для вертикального системного анализа. С этой целью и применялась методика «дерево решений».

В данной работе использовались ДР, включенные в аналитическую платформу *DEDUCTOR*¹⁰. Эта платформа имеет удобный интерфейс, есть средства предварительной обработки, очистки и трансформации данных, визуализации результатов моделирования в виде графиков и диаграмм, оценки точности решения задачи. По результатам предварительного анализа, из-за различия в шкалах и диапазонах варьирования психологических признаков, возможности использования факторного анализа для всех признаков одновременно очень ограничены. Статистическое распределение наших данных тестирования по всем признакам кроме IQ сильно отличается от нормального (гауссова). Было обнаружено, что корреляция (коэффициент Пирсона) между индивидуально-психологическими характеристиками нижнего уровня (тип нервной системы и IQ) и характеристиками социально-психологических отношений школьников (верхний уровень) в целом очень низкая. Результаты теппинг теста не имеют значимых (уровень значимости ниже 0,05) коэффициентов корреляции с данными ПД и Д1–Д4. А IQ коррелирует с уровнем значимости 0,001 только с Д4. Это само по себе подтверждает необходимость анализа латентных (скрытых) связей психологических признаков.

Результаты исследования

Для построения дерева решений по многомерным данным результатов психологического тестирования необходимо выбрать целевую функцию (атрибут, переменную) и количество классов, на которое разбиваются ее значения. Для вертикального системного анализа в качестве целевой переменной последовательно выбирались пять показателей верхнего уровня ПД, Д1–Д4. Их классификация и анализ проводились по двум и четырем – пяти классам. Число классов – это количество подмножеств, на которое разбиваются значения целевой переменной. Границы подмножеств устанавливаются автоматически, исходя из числа классов, которое мы задаем, и условия, чтобы в каждом классе было одинаковое число значений целевой переменной (так называемое разбиение по квантилям). Входными переменными служили данные нижнего и средних уровней: тип нервной системы Т, коэффициент интеллекта IQ и личностные черты по Р. Б. Кеттеллу. Результаты классификации представляются (визуализируются) в виде трех характеристик:

1. Диаграмма значимости входных атрибутов (в процентах) при классификации целевой переменной. Определяет вклад каждого входного атрибута в результате классификации. С помощью данного визуализатора можно определить, на сколько сильно целевая переменная зависит от каждого из входных факторов. Визуализатор представляет из себя таблицу, состоящую из 3-х столбцов: «№», «Атрибут» и «Значимость, %». Каждая строчка содержит один из входных атрибутов. Каждому входному атрибуту соответствует значимость – степень зависи-

¹⁰ Руководство аналитика 5.2 – BaseGroup Labs.
https://basegroup.ru/system/files/documentation/guide_analyst_5.3.0.pdf

- мости целевой переменной от этого атрибута. Параметр значимости тем больше, чем больший вклад вносит конкретный входной атрибут при классификации целевой переменной. Фактически данный визуализатор показывает степень нелинейной зависимости целевой переменной от входных атрибутов.
2. Таблица сопряженности. Она позволяет наглядно оценить результаты классификации и показывает итоги сравнения значений целевой переменной исходной выборки и значений целевой переменной, рассчитанных с помощью ДР.
 3. Графическое представление дерева решений. Оно сходно с принятым в операционной системе Windows отображением структуры папок: узлы отображаются как папки, слева от которых находится значок «+», если эта ветвь имеет свернутые подветви, и «-», если ветвь полностью развернута. Щелчок по «+» позволяет развернуть соответствующую подветвь, а щелчок по «-» сворачивает ее. Справа от каждого узла представлены действующие в нем правила. Кроме того, для каждого узла решений указываются:

– Следствие – метка класса, к которому отнесено данное правило;

– Поддержка – количество примеров, попавших в узел, от общего количества примеров выборки. Чем выше это значение, тем выше статистическая обоснованность результатов, поскольку классификация в данном узле проводится на большем количестве примеров;

– Достоверность – число распознанных примеров от общего числа примеров в данном узле. Чем выше данный показатель, тем достовернее результаты классификации. Иерархическая структура самого дерева решений строится на условии «если то» (if then).

Покажем более подробно результаты классификации по признаку Д4 (отношение к себе), как психологическому показателю верхнего уровня, наиболее тесно связанному с индивидуально-психологическими характеристиками у детей предподросткового возраста.

На рисунке 1 и в таблице 1 приведены значимость входных признаков и таблица сопряженности, характеризующая количество правильно распознанных примеров при классификации Д4 по двум классам.

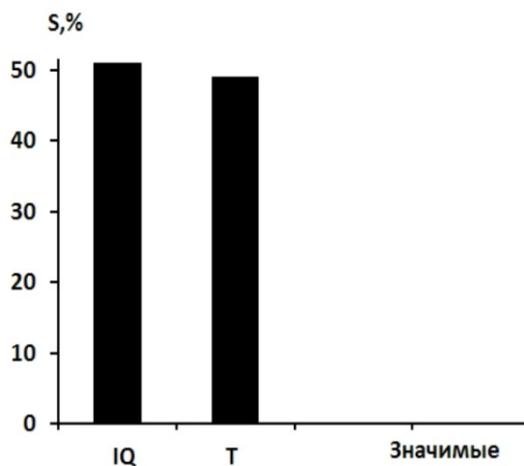


Рис. 1. Значимость признаков при классификации Д4 по двум классам

Fig. 1. Significance of features at the classification of Д4 for two classes

При разбиении значений Д4 на два класса наиболее значимыми оказываются именно признаки базового уровня IQ и T (значимость 51 % и 49 % соответственно). При этом классификация Д4 соответствует значениям до (меньше) -1 и от (больше или равно) -1 (см. таблицу 2). Из данных таблицы 1 следует, что 24 % примеров приходится на класс

«до -1» и классифицированы правильно. В классе «от -1» правильно классифицировано 72 %. Таким образом, классифицируется (правильно распознается) 96 % из общей выборки. Оставшиеся 4 % примеров не могут быть однозначно отнесены к одному из двух классов.

Таблица 2

Таблица сопряженности при классификации Д4 по двум классам

Table 2

Contingency table for the classification Д4 for two classes

Фактически	Классифицировано для Д4, %		
	До -1	От -1 и выше	ИТОГО
До -1	24	4	28
От -1 и выше		72	72
ИТОГО	24	76	100

На рисунке 2 и в таблице 3 приведены результаты классификации Д4 по четырем классам. В этом случае значения целевого атрибута разбиваются автоматически уже на 4 числовых диапазона, и к значимым признакам, как видно из рисунка 2, добавляется личностная черта I (мягкость – твердость). Однако

уровень (качество) классификации исходных данных оказывается в статистическом смысле ниже, чем для 2-х классов. Соответствующие результаты показаны в таблице 3. Здесь классифицировано 77 % из общей выборки (диагональные значения в таблице, выделенные полужирным курсивом).

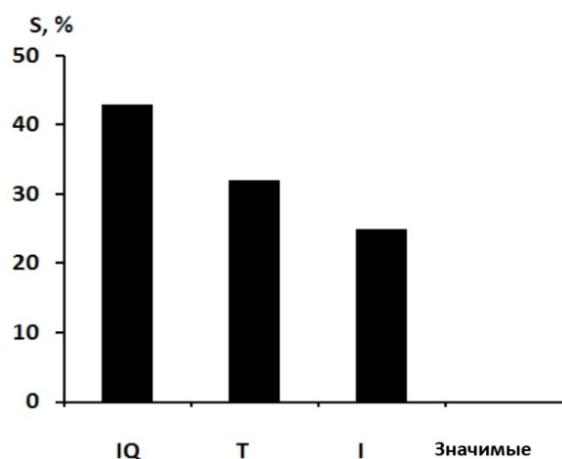


Рис. 2. Значимость признаков при классификации Д4 по четырем классам

Fig. 2. Significance of features at the classification of Д4 for four classes

Таблица сопряженности при классификации Д4 по четырем классам

Table 3

Significance of features at the classification of Д4 for four classes

Фактически	Классифицировано для Д4, %				ИТОГО
	До -2	От -1 до 0	От -2 до -1	От 0 и выше	
До -2	18				18
От -1 до 0	5	10		4	19
От -2 до -1	10				10
От 0 и выше		4		49	53
ИТОГО	33	14	0	53	100

Для более полного описания возможностей метода приведем пример графической структуры в виде дерева решений с «узлами»

и «листьями» для классификации Д4 по четырем классам (показана на рисунке 3).

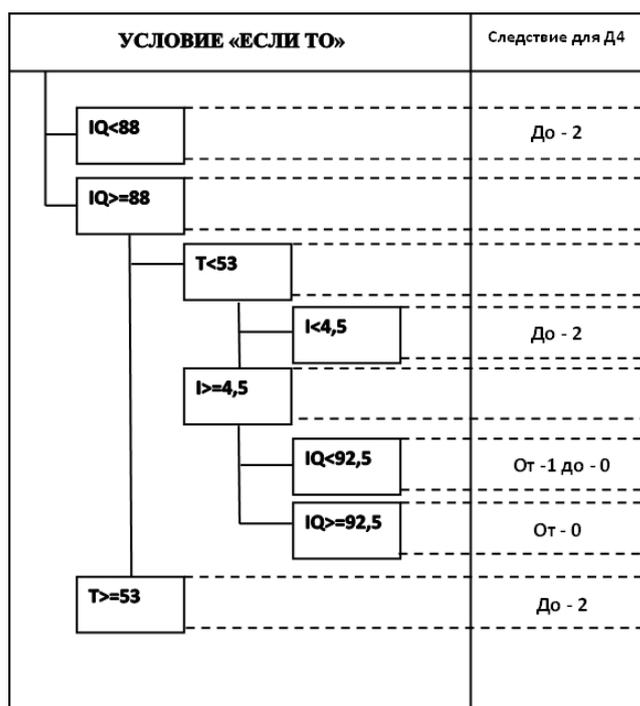


Рис. 3. Дерево решений при классификации Д4 по четырем классам

Fig. 3. The decision tree when classifying Д4 into four classes

Это графическое представление результатов обработки дополняет и конкретизирует данные рисунка 2 и таблицы 2. Здесь присутствуют те же значимые признаки IQ, T, I, но связи между ними более детализированы. Как видно из рисунка, иерархическая структура

при условии «если то» похожа на структуру вложенных друг в друга папок в интерфейсе компьютерной системы «Windows». Для каждого узла в правой части рисунка обозначается следствие для Д4: при каких значениях входных атрибутов в какой класс (подмножество

значений) целевой переменной они классифицируются. Расположение «листьев» дерева соответствует значимости рисунка 2 и классам таблицы 2: сначала происходит их разделение по значениям IQ, затем по T и т. д.

Необходимо отметить, что используемое программное обеспечение позволяет, при помощи дерева решений рисунка 3, конкретизировать результаты таблицы 2 о качестве классификации. Получаются (возможно – графически, в виде гистограмм) данные о поддержке и достоверности классификации по каждому из уровней иерархического дерева. Эти данные в количестве примеров или в процентах показывают, какая часть респондентов по значениям входных переменных (психологических признаков) соответствует классификации рисунка 3. Например, лучше всего классифицируются данные респондентов с $IQ \geq 92,5$ со следствием для Д4 «от 0 и выше» (90 % правильно распознанных связей). Хуже всего (50 %) классифицируются данные респондентов с $T \geq 53$ и $I < 4,5$ со следствием для Д4 «до - 2» (см. рис. 3).

Результаты, показанные выше для Д4, получены при классификации для всех психологических характеристик высшего уровня: ПД, Д1-Д4. При этом деревья решений, аналогичные рисунку 3, строились при классификации по четырем – пяти подмножествам. Построение дерева решений по условию «если то» для двух классов не имеет смысла: в этом случае оно будет состоять из двух «листьев». Для Д4, например, – это разбиение респондентов по уровню IQ. Соответствующие данные следуют сразу из гистограммы значимости входных признаков рисунка 1 и (или) могут быть получены без применения методов машинного обучения.

Если для признака Д4, в соответствии с таблицами сопряженности, процент распознаваемых связей для классификации по двум и

четырем классам составил соответственно 96 и 77 % (см. таблицы 1 и 2), то для остальных признаков, анализируемых в качестве целевой переменной, результаты получились следующие: Д1 – 91 % и 76 %, Д2 – 100 % и 78 %, Д3 – 95 % и 86 %, ПД – 91 % и 75 %. То есть классификация по двум подмножествам в настоящей постановке задачи получается более качественной в статистическом смысле для всех целевых переменных.

При классификации по четырем – пяти подмножествам статистическая достоверность результатов оказывается невысокой и сравнимой для всех целевых переменных – от 75 % до 86 %. При этом, кроме Д2 (отношения со сверстниками), полученные аналогично рисунку 3 деревья решений при условии «если то» для всех остальных признаков оказываются более разветвленными, сложными для интерпретации. В принципе, такая дополнительная информация, представленная на рис. 3, даже при невысоком качестве классификации в статистическом смысле, может представлять интерес для психологов. Однако детальный анализ деревьев решений при условии «если то» оказывается достаточно сложным и неоднозначным.

Такой анализ не входил в задачи настоящей работы. Ниже будет показано, что вертикальный системный анализ и оценка латентных (опосредованных) связей психологических характеристик может проводиться при сравнении значимости входных атрибутов при классификации по разному количеству подмножеств целевой переменной.

Обсуждение результатов

Важным является тот факт, что дерево решений, пример которого показан на рис. 3, просто уточняет и детализирует результаты, показанные на рисунках 1 и 2. Наиболее зна-

чимые признаки IQ и Т, полученные при разбиении Д4 на 2 класса, оказываются сверху (в основе) построения дерева решений рисунка 3. Признак I, который проявляется как значимый уже при разбиении на большее количество классов, оказывается в иерархии ниже. Это характерная особенность алгоритма построения дерева решений: увеличение количества подмножеств при классификации постепенно выявляет менее значимые признаки. При этом статистическая достоверность результатов в данном случае снижается. Следовательно, сравнительный анализ значимости признаков при классификации, то есть сравнение, например, гистограмм рисунков 1 и 2, сам по себе позволяет оценить иерархию в связях входных атрибутов с целевой переменной.

Вертикальный системный анализ психодиагностических данных может не включать в себя рассмотрение дерева решений по условию «если то». *Достаточно последовательно увеличивать количество подмножеств (классов), на которые разбивается целевая переменная, и анализировать, как меняется значимость входных атрибутов.* Этот несколько упрощенный подход качественно более наглядно описывает иерархическую структуру и опосредованные (латентные) связи. Кроме того, если количество значимых признаков оказывается существенно меньше общего числа признаков в исходных данных, это позволяет повысить статистическую достоверность результатов в целом при ограниченной выборке. Это актуально для психологов – для качественного анализа данных тестирования можно ограничиться классификацией данных по небольшому числу подмножеств – двум, трем, четырем классам.

На рисунке 4 графически показана структура связей между разноуровневыми психологическими признаками, полученная

на основе такого подхода – анализа значимости признаков при классификации. Здесь признаки, значимые при разбиении целевой функции (характеристики верхнего, личностного уровня) на два подмножества, соединены стрелками непосредственно от входного атрибута к целевой переменной. А менее значимые признаки, которые проявляются при классификации по четырем, пяти подмножествам, и которые опосредованно влияют на структуру связей разноуровневых характеристик, обозначены присоединением дополнительных (боковых) стрелок. Таким признаком является, например, личностная черта I дополнительно связанная с Д4 (отношение к себе) вместе с индивидуально-психологическими характеристиками IQ и Т (см. левый блок рис. 4). Связь отношения к себе с интеллектом полностью соответствует психологическим особенностям детей предпубертального возраста, характеризует развитие рефлексии, которая считается одним из возрастных новообразований.

Личностная черта I относится к эмоционально-волевому блоку черт и обозначает мягкость или твердость. В разной полярности она характеризует ребенка как зависимого от других или опирающегося на свои силы, независимого. По полученным данным она вместе с интеллектом и типом нервной системы определяет отношение к себе.

Лучшее статистическое качество (100 %) получено при классификации Д2 (отношение со сверстниками) по двум подмножествам. Значимых признаков для Д2 на первом этапе классификации три: тип нервной системы Т (38 %), эмоционально-волевая личностная черта D, характеризующая возбудимость или уравновешенность (35 %), и IQ (27 %). При классификации по четырем подмножествам Д2 к этим признакам добавляется коммуникативная черта Н (смелость – робость в общении).

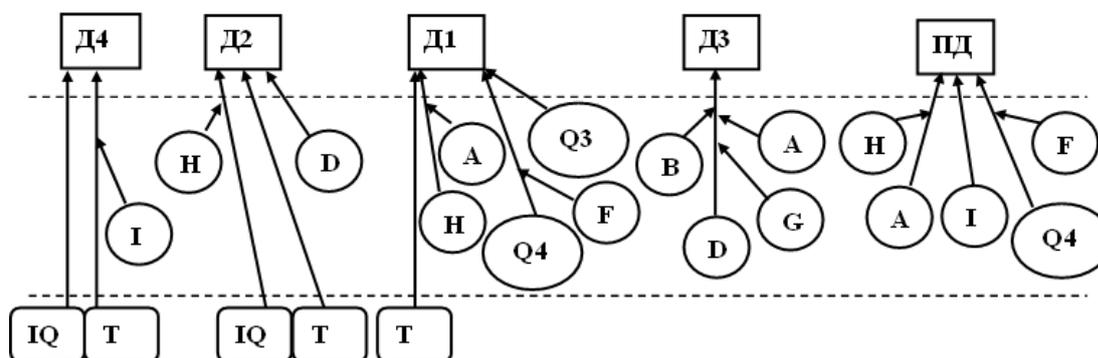


Рис. 4. Иерархические структуры связей разноуровневых характеристик по результатам последовательной классификации.

Fig. 4. Hierarchical relationship structures of multi-level characteristics based on the results of sequential classification.

Таким образом, обе индивидуально-психологические характеристики нижнего уровня IQ и T по результатам обработки данных имеют прямые связи с признаками верхнего уровня Д4 и Д2. Кроме того можно считать, что прямое влияние на отношение со сверстниками оказывает личностная черта D. Личностные черты I и H, отнесенные нами условно к психологическим признакам среднего уровня, опосредованно влияют на отношение к себе и сверстникам (см. рис. 4).

По аналогии, отношение к школе, учителям Д1 прямо зависит от типа нервной системы T, смелости или робости в общении H и степени фрустрированности Q4. Опосредованно влияющими на эти связи являются коммуникативные признаки A (общительность – замкнутость), F (беспечность – серьезность в общении) и волевой признак Q3 (высокий – низкий самоконтроль).

Классификация по целевой переменной Д3 (отношение к семье и ближайшим родственникам) выявила, что на первом этапе, при разбиении по двум подмножествам, значимым признаком является только черта D (возбудимость – уравновешенность, вклад 100 % при распознаваемости связей 95 %).

При этом опосредованное влияние оказывают общительность (A), вербальный интеллект (B) и волевая черта G – соблюдение норм и правил поведения.

Мотивация по тесту «Потребность в достижении» (ПД), как и Д3, оказалась не связана с индивидуально-психологическими характеристиками. Прямая связь наблюдается с уже обозначенными личностными чертами A, I, Q4, а опосредованно на мотивацию влияют H и F.

Необходимо отметить следующий важный факт: индивидуально-психологические характеристики нижних уровней IQ и T по результатам классификации проявлялись как значимые сразу – при разбиении целевой переменной на два подмножества. Это хорошо видно из иерархических структур на рис. 4. Эти признаки связаны с характеристиками верхнего уровня (Д4, Д2, Д1) только напрямую. В качестве опосредованно влияющих на показатели верхнего уровня они не проявлялись. При классификации Д3 и ПД как по двум, так и по четырем-пяти классам значимыми являлись только личностные черты по Р. Б. Кеттеллу. Представляется, что это результат сам по себе может рассматриваться

как подтверждение адекватности использования методики, если не количественно, то качественно позволяющей проводить вертикальный системный анализ многоуровневых данных психодиагностики.

Результаты анализа качественно, на аналогичных психодиагностических данных, сопоставлялись с результатами использования для этих целей другого метода машинного обучения – аппарата искусственных нейронных сетей [9]. В целом наблюдается согласие в полученной структуре взаимосвязей психологических показателей. Однако «дерево решений» позволяет выявить иерархическую структуру связей более наглядно, и результаты, с точки зрения психологических особенностей, легче поддаются интерпретации.

Анализ структуры разноуровневых характеристик по результатам последовательной классификации (рис. 4) показывает прямую взаимосвязь характеристик социального уровня Д2, Д1, Д4 с характеристиками базового уровня IQ, Т, и лишь опосредованную связь с коммуникативными характеристиками (А, Н, F). Характеристика Е (независимость – покорность) отсутствует в иерархической структуре, а Н – проявляется прямо только в школьных отношениях. Во взаимосвязях с семейными отношениями коммуникативные черты представлены опосредованно только признаком А. По известным возрастным классификациям, изучаемый период относится к подростковому: «младший подросток» с ведущей деятельностью «интимно-личностное общение»¹¹. По логике – коммуникативные характеристики должны присутствовать во всех сферах социальных отношений в прямом и

опосредованном виде, что не наблюдается по результатам анализа (рисунок 4). Это еще раз доказывает, что изучаемый предподростковый период не проявляет черты (например, - ведущей деятельности) подросткового, а является особенным, самостоятельным переходным возрастным периодом, что было показано ранее [6]. Прямая связь одной коммуникативной черты Н проявляется только в школьных отношениях (Д1) и опосредованно – в межличностных (Д2) и в мотивации (ПД). Таким образом, коммуникативные черты, как основа ведущей деятельности «общение» в этом возрасте значительно пока не проявляются. Характеристики базового уровня в этом возрасте еще прямо влияют на социальный уровень отношений в трех сферах – школьной, межличностной, внутриличностной. Интересным представляется факт прямой связи черты D (эмоциональной характеристики) с семейной и межличностной сферой отношений, также как и у черт базового уровня, к которым относится тип нервной системы. По интерпретации, данной ей Р. Б. Кеттеллом, среди личностных черт D (возбудимость - уравновешенность) в большей степени может характеризовать свойства нервной системы¹². Другая эмоциональная черта - степень фрустрированности Q4 по результатам прямо влияет на отношение к школе и на мотивацию. Но Q4 является более «социально направленной» чертой личности. Выявленные особенности взаимосвязей позволяют вносить уточнения в структуру характеристик личности для возрастного периода. Для рассматриваемого возраста личностные черты по Р. Б. Кеттеллу могут быть в их иерархии отнесены к разным уровням.

¹¹ 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.

¹² Cattell R. B. Advanced in Cattellian Personality Theory. Handbook of Personality. Theory and Research. – N.Y.: The Guilford Press, 1990.

Использование в психолого-педагогической практике знаний о новых взаимосвязях разноуровневых психологических характеристик, выявленных в динамике предподросткового возраста, в период перехода из начальной в среднюю общеобразовательную школу, позволяет: учитывать конкретную индивидуальную специфику психического развития, наиболее значимые индивидуально-психологические характеристики, вносящие вклад в психологическую адаптацию учащихся к 5-му классу; на основе полученных данных адресно разработать рекомендации педагогам и родителям, программы сопровождения в переходный период в современных образовательных условиях. Возможно, вносить коррективы в организацию процесса обучения, воспитания, профилактики и коррекции школьной дезадаптации.

Заключение

Таким образом, решение задачи классификации данных при помощи методики «дерево решений», как инструмент интеллектуального анализа данных, позволяет в рамках системного вертикального анализа построить иерархическую модель связей между психологическими характеристиками разных уровней. При этом удастся выделить не только прямые, но и опосредованные (скрытые, латентные)

взаимосвязи между результатами психологического тестирования. Сам по себе алгоритм, как инструмент, широко доступен, поскольку присутствует в большинстве современных программных продуктов для статистической обработки данных. Его применение не сложнее, чем использование традиционных инструментов, таких как факторный, кластерный, дисперсионный анализ и т.д. Интерпретация результатов, полученных при построении «дерева решений» не требует специальной математической подготовки, описанным алгоритмом могут воспользоваться практические психологи образования для анализа относительно небольшой выборки результатов психодиагностики – начиная от нескольких десятков респондентов.

Возможности предлагаемого подхода не ограничиваются представленным в работе примером вертикального системного анализа результатов психодиагностики. Построение иерархических моделей связи разноуровневых данных представляют интерес для достаточно широкого круга задач психологии и педагогики, вне зависимости от возраста респондентов. Представленные в работе результаты показывают перспективность применения метода «дерево решений» для выбора форм психолого-педагогического сопровождения учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанщиков В. А. Системный подход в структуре психологического познания // Методология и история психологии. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 86–99. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19011785>
2. Воробьев А. В. Обзор применения математических методов при проведении психологических исследований // Психологические исследования. – 2010. – № 2. – С. 8. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13922162>
3. Голубева Э. А. Об изучении реактивности, силы и инертности нервной системы в школе Б. М. Теплова – В. Д. Небылицына // Психологический журнал. – 2018. – Т. 39, № 2. – С. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.7868/80205959218020071> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32561967>



4. Знаков В. В. Динамический подход к исследованию личности и процессуальный анализ в психологии субъекта // Психологический журнал. – 2019. – Т. 40, № 5. – С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.31857/S020595920006073-6> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39543754>
5. Кузнецова В. Б. Черты личности как медиатор взаимосвязи между методами воспитания и проблемами поведения у детей // Психологический журнал. – 2017. – Т. 38, № 1. – С. 31–40. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28358098>
6. Колишев Н. С., Славутская Е. В., Славутский Л. А. Динамика структурирования личностных черт учащихся при переходе в основную общеобразовательную школу // Интеграция образования. – 2019. – Т. 23, № 3. – С. 390–403. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.096.023.201903.390-403> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41041580>
7. Резниченко Н. С., Шилов С. Н., Абдулкин В. В. Нейросетевой подход в решении медико-психологических проблем и в диагностическом процессе у лиц с ограниченными возможностями здоровья (обзор литературы) // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – Т. 6, № 9. – С. 1256–1264. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20253460>
8. Славутский Л. А., Славутская Е. В. Нейросетевой анализ взаимосвязи вербального и невербального интеллекта младших подростков // Психологический журнал. – 2014. – Т. 35, № 5. – С. 28–36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22363313>
9. Славутская Е. В., Аbruков В. С., Славутский Л. А. Простые нейросетевые алгоритмы для оценки латентных связей психологических характеристик младших подростков // Экспериментальная психология. – 2019. – Т. 12, № 2. – Р. 131–144. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2019120210> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38587766>
10. Шадриков В. Д. К новой психологической теории способностей и одаренности // Психологический журнал. – 2019. – Т. 40, № 2. – С. 15–26. DOI: <https://doi.org/10.31857/S020595920002981-5> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37137953>
11. Adriaens F., Lijffijt J., De Bie T. Subjectively interesting connecting trees and forests // *Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2019. – Vol. 33. – P. 1088–1124. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-019-00627-1>
12. Amiel J. J., Tan Y. S. M. Using collaborative action research to resolve practical and philosophical challenges in educational neuroscience. // *Trends in Neuroscience and Education*. – 2019. – Vol. 16. – P. 100116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100116>
13. Braun S. S., Davidson A. J. Gender (non)conformity in middle childhood: a mixed methods approach to understanding gender-typed behavior, friendship, and peer preference // *Sex Roles*. – 2017. – Vol. 77. – P. 16–29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11199-016-0693-z>
14. De Bolle M., De Fruyt F., McCrae R. R., Löckenhoff C. E., Costa P. T., Jr Aguilar-Vafaie M. E., Ahn C.-k., Ahn H.-n., Alcalay L., Allik J., Avdeyeva T. V., Bratko D., Brunner-Sciarrà M., Cain T. R., Chan W., Chittcharat N., Crawford J. T., Fehr R., Ficková E., ... Terracciano A. The emergence of sex differences in personality traits in early adolescence: A cross-sectional, cross-cultural study // *Journal of Personality and Social Psychology*. – 2015. – Vol. 108 (1). – P. 171–185. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0038497>
15. Delibalt V. V., Degtyaryov A. V., Dozortseva E. G., Chirkina R. V., Dvoryanchikov N. V., Pimonov V. A., Debolsky M. G., Malkin D. A. *Evaluation of cognitive functions, personality and*



- regulatory sphere in minors with deviant and delinquent behavior within the authority of the psychological, medical and educational committee // *International journal of cognitive research in science, engineering and education*. – 2017. – Vol. 5 (2). pp. 107–118. DOI: <https://doi.org/10.5937/IJCRSEE1702107D>
16. Daugherty A. M., Sutton B. P., Hillman C. H., Kramer A. F., Cohen N. J., Barbey A. K. Individual differences in the neurobiology of fluid intelligence predict responsiveness to training: Evidence from a comprehensive cognitive, mindfulness meditation, and aerobic exercise intervention // *Trends in Neuroscience and Education*. – 2020. – Vol. 18. – P. 100123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100123>
 17. Fawaz H. I., Forestier G., Weber J. Idoumghar L., Muller P.-A. Deep learning for time series classification: a review // *Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2019. – Vol. 33. – P. 917–963. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-019-00619-1>
 18. Geary D. C. Efficiency of mitochondrial functioning as the fundamental biological mechanism of general intelligence (g) // *Psychological Review*. – 2018. – Vol. 125 (6). – P. 1028–1050. DOI: <https://doi.org/10.1037/rev0000124>
 19. Genrikhov I. E., Djukova E. V. About methods of Synthesis Complete Regression Decision Trees // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2019. – Vol. 29. – P. 457–470. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661819030040>
 20. Genrikhov I. E., Djukova E. V., Zhuravlev V. I. On full regression decision trees // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2017. – Vol. 27. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661817010047>
 21. Girn M., Mills C., Christoff K. Linking brain network reconfiguration and intelligence: Are we there yet? // *Trends in Neuroscience and Education*. – 2019. – Vol. 15. – P. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.04.001>
 22. Han H., Soylu F., Anchan D. M. Connecting levels of analysis in educational neuroscience: A review of multi-level structure of educational neuroscience with concrete examples // *Trends in Neuroscience and Education*. – 2019. – Vol. 17. – P. 100113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100113>
 23. Knyazev G. G., Bazovkina D. V., Savostyanov A. N., Kuznetsova V. B., Proshina E. A. Suppression mediates the effect of 5-HTTLPR by stress interaction on depression // *Scandinavian Journal of Psychology*. – 2017. – Vol. 58 (5). – P. 373–378. DOI: <https://doi.org/10.1111/sjop.12389>
 24. Kosonogov V., Vorobyeva E., Kovsh E., Ermakov P. A review of neurophysiological and genetic correlates of emotional intelligence // *International journal of cognitive research in science, engineering and education*. – 2019. – Vol. 7 (1). – pp. 137–142. DOI: <https://doi.org/10.5937/ijcrsee1901137K>
 25. Kurdi G., Leo J., Parsia B., Sattler U., Al-Emari S. A Systematic Review of Automatic Question Generation for Educational Purposes. // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2020. – Vol. 30. – P. 121–204. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-019-00186-y>
 26. Mei J., Lv H., Yang L., Li Y. Clustering for heterogeneous information networks with extended star-structure // *Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2019. – Vol. 33. – P. 1059–1087. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-019-00626-2>
 27. Pluck G., Mancero P. B., Ortíz E. P. A., Alcívar A. M. U., Gavilanez C. E. M., Chacon P. Differential associations of neurobehavioral traits and cognitive ability to academic achievement in higher education // *Trends in Neuroscience and Education*. – 2020. – Vol. 18. – P. 100124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100124>



28. Selimović Z., Selimović H., Opić S. Development of social skills among elementary school children // *International journal of cognitive research in science, engineering and education*. – 2018. – Vol. 6 (1). – P. 17–30. DOI: <https://doi.org/10.5937/ijcrsee1801017S>
29. Suzin G., Ravona-Springer R, Ash E. L, Davelaar E. J., Usher M. Differences in Semantic Memory Encoding Strategies in Young, Healthy Old and MCI Patients // *Frontiers in Aging Neuroscience*. – 2019. – Vol. 11. – P. 306. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00306>



DOI: [10.15293/2658-6762.2003.05](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.05)

Elena Vladimirovna Slavutskaya

Doctor of Psychological Sciences, Professor,
Psychology and Social Pedagogic Department,
Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russian
Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3759-6288>

E-mail: slavutskayaev@gmail.com

Victor Segeyevich Abrukov

Doctor of Physics and Mathematical Sciences, Professor,
Applied Physics and Nanotechnology Department,
Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6224>

E-mail: abrukov@yandex.ru

Leonid Anatolyevich Slavutskii

Doctor of Physics and Mathematical Sciences, Professor,
Automatics and Control Department,
Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6783-2985>

E-mail: lenya@slavutskii.ru

Seimbika Usmanovna Bichurina

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of Preschool Education, Institute of Psychology and
Education,

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5506-9361>

E-mail: Bichurina@yandex.ru

Viktoriya Vladimirovna Sadovaya

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of Primary Education, Institute of Pedagogy and Psychology,
Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0124-5953>

E-mail: vikycha2006@gmail.com

Vertical system analysis of students' psycho diagnostic data using the 'Decision Tree' method

Abstract

Introduction. *Choosing forms and methods of psychological and educational support for students (individual and group-based) within the modern educational paradigm requires new means of data analysis. The purpose of this research is to investigate the possibilities of the 'Decision Tree' method, which is a modern tool available for practical educational psychologists, for vertical system analysis of psycho diagnostic data and the choice of forms and methods of psychological and educational support for students.*



Materials and Methods. Based on a systematic approach in Psychology and Education, using one of the data mining tools - the "decision tree" method, the problem of classifying the results of students' psycho diagnostics is considered. On the example of a vertical system analysis of pre-adolescent schoolchildren tests, a hierarchical structure of connections of their multi-level psychological characteristics (inclinations, individual psychological and psychosocial characteristics) is constructed. Diagnostic tools were selected in such a way that the analyzed data conditionally present psychological characteristics of all levels. The authors used standardized, scaled methods of psycho diagnostics, which are quite widespread in psychological and educational practice. The two lower levels are represented by the type of nervous system (Ilyin's tapping test), and IQ (R. B. Cattell's Culture Fair Intelligence Test). Personality qualities in behavior and activity were analyzed on the basis of 12-factor Cattell's Personality Factor Questionnaire. The upper level of social and psychological relations is represented by such indicators as attitude to family, peers, to school, to oneself (V. Michal's "Unfinished Sentences" inventory). Motivational characteristics were investigated using 'Need for Achievements' test. The results of psychological diagnostics of 83 schoolchildren (aged 11-12, fifth grade of secondary school) were processed (19 numerical test indicators were obtained).

Results. When testing the 'Decision Tree' method, it was revealed that the algorithm can be used by practical educational psychologists to analyze a relatively small sample of psycho diagnostic results – starting from several dozens of respondents. It is shown that the vertical system analysis of psychological characteristics can be clearly performed using a simplified procedure: comparing the significance of input attributes when classifying by different number of subsets of the target variable. The top-level indicators (motivation and relationship system) were used as variables for classifying data. The 'Decision Tree' method allows analyzing and evaluating not only direct, but also latent (indirect, hidden) links of students' psychological data. For pre-adolescent age, the analysis of relations between different-level characteristics based on the results of classification shows a direct relationship between only some characteristics of the social level with the characteristics of the basic level (inclinations) and only an indirect relationship with communicative traits. Psychological interpretation of the revealed relationships of testing data allows the authors to clarify the age specificity of certain groups of students for subsequent psychological and educational support. The possibility of using the results for the analysis of transition problems from primary to secondary schools is discussed.

Conclusions. The construction of hierarchical models of multi-level data links for students' psycho diagnostics proves to be an efficient tool for solving a wide range of problems within the fields of Education and Psychology.

Keywords

Pre-adolescent schoolchildren; Multi-level psychological characteristics; Vertical system analysis; Latent links; Data mining; 'Decision tree'.

REFERENCES

1. Barabanchikov V. A. The system approach in the structure of psychological cognition. *Methodology and History of Psychology*, 2007, vol. 2, no. 1, pp. 86–99. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19011785>
2. Vorobev A. V. The review of mathematical methods application in psychological researches. *Psichologicheskie issledovania*, 2010, no 2, pp. 8. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13922162>
3. Golubeva E. A. About study of reactivity, strength and inertia of nervous system in B. M. Teplov – V. D. Nebylitsyn school. *Psikhologicheskii Zhurnal*, 2018, vol. 39 (2), pp. 72–78. (In Russian)



- DOI: <https://doi.org/10.7868/80205959218020071> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32561967>
4. Znakov V. V. Dynamic approach to the research of personality and procedural analysis in psychology of subject. *Psikhologicheskii Zhurnal*, 2019, vol. 40 (5), pp. 27–34. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.31857/S020595920006073-6> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39543754>
 5. Kuznetsova V. B. Personality traits as mediator of interrelationship between upbringing methods and behavioral problems of children. *Psikhologicheskii Zhurnal*, 2017, vol. 38 (1), pp. 31–40. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28358098>
 6. Kolishev N. S., Slavutskaya E. V., Slavutskii L. A. Dynamics of personality trait structuring during student transition to secondary school. *Integration of Education*, 2019, 23 (3), pp. 390–403. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.096.023.201903.390-403> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41041580>
 7. 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. 6 (9), pp. 1256–1264. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20253460>
 8. Slavutskaja E. V., Slavutskii L. A. Neural network analysis of the relationship between verbal and nonverbal intelligence in younger adolescents. *Psikhologicheskii Zhurnal*, 2014, vol. 35 (5), pp. 28–36. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22363313>
 9. Slavutskaya E. V., Abrukov V. S., Slavutskii L. A. Simple NEURO network algorithms for evaluating latent links of younger adolescent's psychological characteristics. *Experimental Psychology*, 2019, vol. 12 (2), pp. 131–144. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2019120210> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38587766>
 10. Shadrikov V. D. To new psychological theory of abilities and giftedness. *Psikhologicheskii Zhurnal*, 2019, vol. 40, no. 2, pp. 15–26. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.31857/S020595920002981-5> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37137953>
 11. Adriaens F., Lijffijt J., De Bie T. Subjectively interesting connecting trees and forests. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2019, vol. 33, pp. 1088–1124. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-019-00627-1>
 12. Amiel J. J., Tan Y. S. M. Using collaborative action research to resolve practical and philosophical challenges in educational neuroscience. *Trends in Neuroscience and Education*, 2019, vol. 16, p. 100116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100116>
 13. Braun S. S., Davidson A. J. Gender (non)conformity in middle childhood: a mixed methods approach to understanding gender-typed behavior, friendship, and peer preference. *Sex Roles*, 2017, vol. 77, pp. 16–29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11199-016-0693-z>
 14. De Bolle M., De Fruyt F., McCrae R. R., Löckenhoff C. E., Costa P. T., Jr Aguilar-Vafaie M. E., Ahn C.-k., Ahn H.-n., Alcalay L., Allik J., Avdeyeva T. V., Bratko D., Brunner-Sciarrà M., Cain T. R., Chan W., Chittcharat N., Crawford J. T., Fehr R., Ficková E., ... Terracciano A. The emergence of sex differences in personality traits in early adolescence: A cross-sectional, cross-cultural study. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2015, vol. 108 (1), pp. 171–185. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0038497>
 15. Delibalt V. V., Degtyaryov A. V., Dozortseva E. G., Chirkina R. V., Dvoryanchikov N. V., Pimonov V. A., Debolsky M. G., Malkin D. A. [Evaluation of cognitive functions, personality and](#)



- regulatory sphere in minors with deviant and delinquent behavior within the authority of the psychological, medical and educational committee. *International Journal Of Cognitive Research In Science, Engineering And Education*, 2017, vol. 5 (2), pp. 107–118. DOI: <https://doi.org/10.5937/IJCRSEE1702107D>
16. Daugherty A. M., Sutton B. P., Hillman C. H., Kramer A. F., Cohen N. J., Barbey A. K. Individual differences in the neurobiology of fluid intelligence predict responsiveness to training: Evidence from a comprehensive cognitive, mindfulness meditation, and aerobic exercise intervention. *Trends in Neuroscience and Education*, 2020, vol. 18, p. 100123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100123>
 17. Fawaz H. I., Forestier G., Weber J. Idoumghar L., Muller P.-A. Deep learning for time series classification: A review. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2019, vol. 33, pp. 917–963. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-019-00619-1>
 18. Geary D. C. Efficiency of mitochondrial functioning as the fundamental biological mechanism of general intelligence (g). *Psychological Review*, 2018, no 125 (6), pp. 1028–1050. DOI: <https://doi.org/10.1037/rev0000124>
 19. Genrikhov I. E., Djukova E. V. About methods of synthesis complete regression decision trees. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2019, vol. 29, pp. 457–470. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661819030040>
 20. Genrikhov I. E., Djukova E. V., Zhuravlev V. I. On full regression decision trees. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2017, vol. 27, pp. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661817010047>
 21. Girm M., Mills C., Christoff K. Linking brain network reconfiguration and intelligence: Are we there yet? *Trends in Neuroscience and Education*, 2019, vol. 15, pp. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.04.001>
 22. Han H., Soylu F., Anchan D. M. Connecting levels of analysis in educational neuroscience: A review of multi-level structure of educational neuroscience with concrete examples. *Trends in Neuroscience and Education*, 2019, vol. 17, p. 100113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100113>
 23. Knyazev G. G., Bazovkina D. V., Savostyanov A. N., Kuznetsova V. B., Proshina E. A. Suppression mediates the effect of 5-HTTLPR by stress interaction on depression. *Scandinavian Journal of Psychology*, 2017, vol. 58, no 5, pp. 373–378. DOI: <https://doi.org/10.1111/sjop.12389>
 24. Kosonogov V., Vorobyeva E., Kovsh E., Ermakov P. A review of neurophysiological and genetic correlates of emotional intelligence. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 2019, vol. 7 (1), pp. 137–142. DOI: <https://doi.org/10.5937/ijcrsee1901137K>
 25. Kurdi G., Leo J., Parsia B., Sattler U., Al-Emari S. A Systematic review of automatic question generation for educational purposes. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2020, vol. 30, pp. 121–204. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-019-00186-y>
 26. Mei J., Lv H., Yang L., Li Y. Clustering for heterogeneous information networks with extended star-structure. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2019, vol. 33, pp. 1059–1087. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-019-00626-2>
 27. Pluck G., Mancero P. B., Ortíz E. P. A., Alcívar A. M. U., Gavilanez C. E. M., Chacon P. Differential associations of neurobehavioral traits and cognitive ability to academic achievement in higher education. *Trends in Neuroscience and Education*, 2020, vol. 18, p. 100124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100124>



28. Selimović Z., Selimović H., Opić S. [Development of social skills among elementary school children](#). *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 2018, vol. 6 (1), pp. 17–30. DOI: <https://doi.org/10.5937/ijcrsee1801017S>
29. [Suzin G.](#), [Ravona-Springer R.](#), [Ash E. L.](#), [Davelaar E. J.](#), [Usher M.](#) Differences in semantic memory encoding strategies in young, healthy old and MCI patients. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2019, vol. 11, pp. 306. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00306>

Submitted: 02 April 2020

Accepted: 10 May 2020

Published: 30 June 2020



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).