

**Елена Александровна Сарф**

Омский государственный педагогический университет, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории биохимии, Омск, Россия  
e-mail: sarf\_ea@omgpu.ru

**Людмила Владимировна Бельская**

Омский государственный педагогический университет, кандидат химических наук, заведующая научно-исследовательской лабораторией биохимии, Омск, Россия  
e-mail: belskaya@omgpu.ru

## **Разработка алгоритма прогноза академической успеваемости студентов на основе дерева решений**

*Аннотация.* В статье проведено сравнение двух методов оценки академической успеваемости: по результатам психодиагностического тестирования и биохимических показателей слюны. Для решения данной задачи предложено построение дерева решений, которое позволяет с точностью 92,3 % спрогнозировать попадание обучающихся в группу риска по академической успеваемости. Данный подход позволит своевременно провести коррекцию психологических особенностей студентов.

*Ключевые слова:* успеваемость, учебная деятельность, психодиагностика, биохимические показатели, слюна, дерево решений.

**Elena A. Sarf**

Omsk State Pedagogical University, Researcher of the Research Laboratory of Biochemistry, Omsk, Russia  
e-mail: sarf\_ea@omgpu.ru

**Lyudmila V. Bel'skaya**

Omsk State Pedagogical University, Candidate of Chemical Sciences, Head of the Research Laboratory of Biochemistry, Omsk, Russia  
e-mail: belskaya@omgpu.ru

## **Development of a Decision Tree-Based Algorithm for Predicting Students' Academic Performance**

*Abstract.* The article compares two methods for assessing academic performance: based on the results of psychodiagnostic testing and biochemical indicators of saliva. To solve this problem, it is proposed to construct a decision tree that allows predicting with 92,3 % accuracy whether students will be at risk for academic performance. This approach will allow timely correction of students' psychological characteristics.

*Keywords:* academic performance, educational activity, psychodiagnostics, biochemical indicators, saliva, decision tree.

---

### **Введение (Introduction)**

Проблема академической успеваемости и ее прогнозирования в современной педагогической практике не теряет своей актуальности [1; 2; 3]. Для организации работы по повышению успеваемости необходимо применять как системный подход, так и индивидуальный. В настоящее время для разработки и реализации мер по поддержке группы риска студентов с академической неуспеваемостью необхо-

димо своевременное ее выявление. Для этого используют различные подходы:

- методы изучения психологических показателей (когнитивные и личностные факторы) [4];
- методы интеллектуального анализа (прогнозирование, кластеризация, выявление взаимосвязей, открытие с помощью моделей и дистилляция данных для последующей оценки и принятия решения) [5; 6; 7];

© Сарф Е. А., Бельская Л. В., 2024

Для цитирования: Сарф Е. А., Бельская Л. В. Разработка алгоритма прогноза академической успеваемости студентов на основе дерева решений // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2024. № 3 (44). С. 212–217. DOI: 10.36809/2309-9380-2024-44-212-217

– методы нейросетевого моделирования прогнозирования [8; 9];

– методы оценки изменения метаболических процессов в организме [10; 11; 12].

В современном мире использование данных методов в качестве предикторов академической успеваемости широко распространено в педагогической практике. Однако ряд исследователей утверждают, что комбинированные данные дают лучшие результаты [7].

Ранее нами было показано, что показатели успеваемости у студентов коррелируют с уровнем стресса (показатель ППН), а также с некоторыми биохимическими показателями в слюне [11]. Так, с ухудшением успеваемости растут показатели перекисного окисления липидов и снижается активность антиоксидантных ферментов, содержание секреторного иммуноглобулина класса А (sIgA) и магния в слюне [11].

В настоящей работе мы предлагаем использовать деревья решений по результатам психодиагностического тестирования и биохимических показателей слюны, что позволяет разработать алгоритм прогноза академической успеваемости студентов.

#### Методы (Methods)

В исследование включены 56 студентов 1-го курса факультета математики, информатики, физики и технологии (МИФИТ). У всех участников собирали образцы слюны в начале учебного года (сентябрь 2022 г.). После зимней сессии оценивали успеваемость учащихся путем расчета среднего балла по трем предметам. По результатам было выделено три группы: высокая успеваемость (средний балл выше 4), средняя успеваемость (средний балл 4), низкая успеваемость (средний балл ниже 4). У каждого участника исследования предварительно получено добровольное информированное согласие.

В качестве биологического материала использовали слюну. Сбор проб слюны проводили натошак после полоскания рта водой в промежутке 8–10 утра путем сплевывания в стерильные полипропиленовые пробирки [13]. Образцы слюны центрифугировали (7000 об./мин. в течение 10 мин.), после чего сразу же проводили биохимический анализ без хранения и замораживания. Биохимические показатели слюны включали минеральный состав (калий, натрий, магний, кальций, хлориды, нитриты, нитраты, сульфаты), активность каталазы, содержание субстратов процессов перекисного окисления липидов (диеновые конъюгаты — ДК, триеновые конъюгаты — ТК, основания Шиффа — ОШ) [14], концентрацию кортизола, тестостерона, тиреотропного гормона (ТТГ) и секреторного иммуноглобулина класса А (sIgA).

Параллельно проводили анкетирование для изучения психологических показателей и по следующим методикам:

– методика определения интегрального показателя психической напряженности (ППН): в соответствии со шкалой PSM-25 Лемура-Тесье-Филлиона (в модификации Н. Е. Водопьяновой) [15];

– методика определения уровня нервно-психической устойчивости (НПУ): «Прогноз-2» В. Ю. Рыбникова [16];

– методики определения актуального состояния (АС) и доминирующего состояния (ДС-8): опросники Л. В. Куликова [17; 18];

– методика определения социально-психологической адаптации (СПА): по Роджерсу-Даймонду в адаптации А. К. Осницкого (2004) [19];

– методика определения уровня самооценки и тревожности: шкала реактивной (ситуативной) и личностной тревожности (СТ и ЛТ) Спилберга, тест Спилберга в адаптации Ю. Л. Ханина [20];

– методика выявления проблемных областей жизни: изучение ценностных ориентаций Е. Б. Фанталовой «Уровень соотношения “Ценности” и “Доступности” в различных жизненных сферах» [21].

Для изучения корреляционных взаимосвязей применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Статистически значимыми считали различия с уровнем значимости  $p < 0,05$ . Для построения деревьев классификации использован метод полного перебора для одномерных ветвлений CART (Statistica 10.0, StatSoft). На приведенных диаграммах ID — номер вершины, N — число объектов, направленных по данной ветви, около каждой вершины указаны условия ветвления, диаграмма внутри каждой вершины показывает результат классификации: если все наблюдения классифицированы правильно, то столбик, соответствующий прогнозируемому классу, будет высоким, а остальные — маленькими.

#### Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

Проведено разделение всех студентов по академической успеваемости по результатам сессии в конце семестра, в котором проводилось исследование. Была сформулирована гипотеза, что на основании результатов психодиагностического тестирования, а также предложенных выше комбинаций биохимических параметров можно спрогнозировать успеваемость студентов. Для проверки данной гипотезы были построены два дерева решений (рис. 1, 3) и оценено качество классификации на три подгруппы (1 — уровень успеваемости выше среднего, 2 — средний уровень успеваемости, 3 — низкая успеваемость) (рис. 2, 4).

При построении дерева решений по результатам психодиагностического тестирования в качестве наиболее важного выбран следующий показатель: ППН, характеризующий психологический стресс, который проявляется в эмоциональных переживаниях, мотивационно-волевых, поведенческой и когнитивных сферах. Поскольку стрессы являются фактором, оказывающим негативное влияние на здоровье студентов, их удовлетворенность своей учебой и в итоге на успеваемость в целом, это объясняет выбор данного показателя в качестве определяющего, при этом по правой ветке расположены практически все студенты со средней и низкой успеваемостью. Пороговое значение для ППН выбрано в 70 единиц, что соответствует среднему уровню стресса по шкале. Это может быть связано с тем, что в момент сбора образцов студенты не подвергались интенсивной когнитивной нагрузке и организм не испытывал явного психологического стресса [22]. При этом по разным веткам далее параметры не пересекаются (больше и меньше 70).

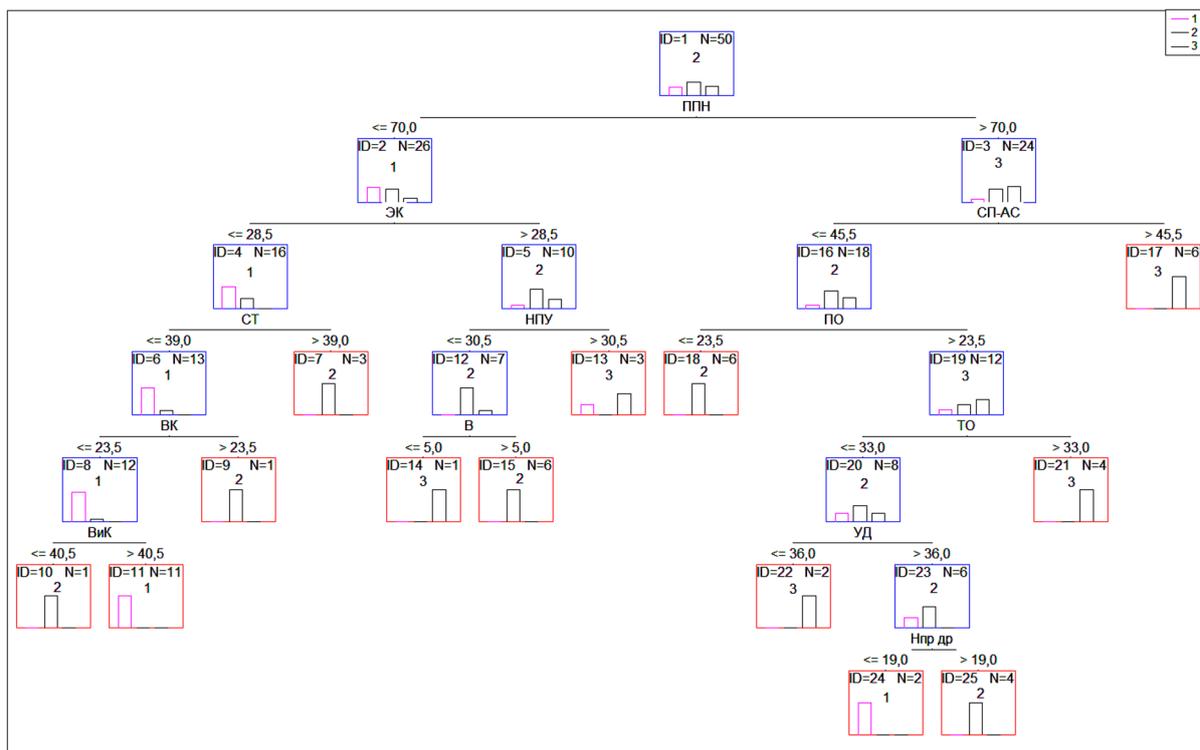


Рис. 1. Дерево решений по результатам психологических тестов

ППН — показатель психической напряженности, ЭК — эмоциональный комфорт, СП-АС — «спокойствие — тревога», АС — актуальное состояние, ДС — доминирующее состояние, ПО — «положительный — отрицательный» образ, ТО — тонус «высокий — низкий», УД — «удовлетворенность — неудовлетворенность», Нпр. др. — неприятие других, ВК — внутренний контроль, ВнК — внешний контроль, В — ведомость (1 — уровень успеваемости выше среднего, 2 — средний уровень успеваемости, 3 — низкая успеваемость)

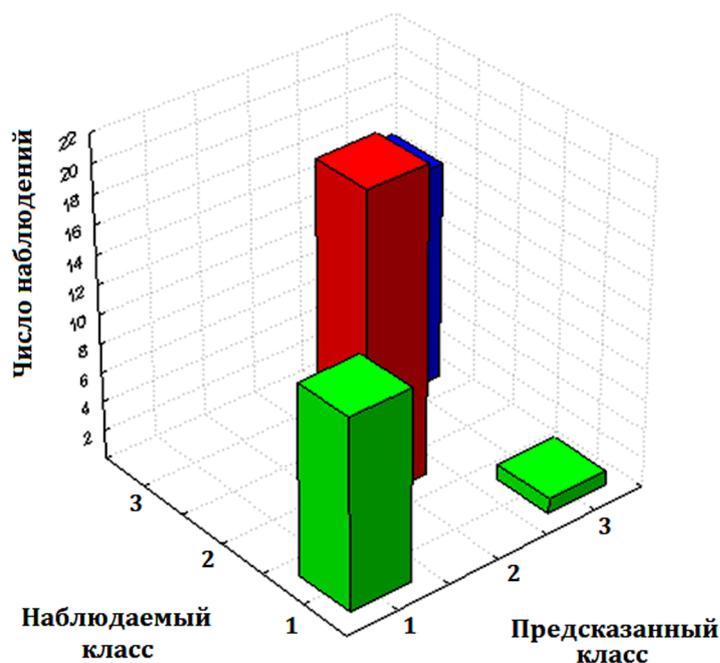


Рис. 2. Оценка качества классификации по дереву решений на основе психологических тестов

Правая ветка в основном ориентирована на опросники Л. В. Куликова «АС» — «актуальное состояние»: определяет параметры психического состояния, особенности которого могут быть обусловлены влиянием конкретных событий сегодняшнего дня, текущим моментом; «ДС» — «доминирующее состояние»: позволяет изучить признаки, описывающие состояние, поведение, отношение человека к различным явлениям, которые его окружают не только сегодня, а более длительный отрезок времени [23]. Первым определяется параметр Шкалы «СП-АС» — «спокойствие — тревога», который при высокой успеваемости дает уверенность в благоприятном развитии ситуации, уверенность в своих силах (что соответствует результатам ниже порогового значения, исходя из «сырых» данных), тогда как при низких оценках присутствует тревога, переживание беспокойства, неблагоприятные предчувствия, ощущения возможной угрозы (что соответствует результатам выше порогового значения) [24]. Далее расположены ветки с показателями из опросника по «ДС»: «ПО» — шкала «положительный — отрицательный» образ

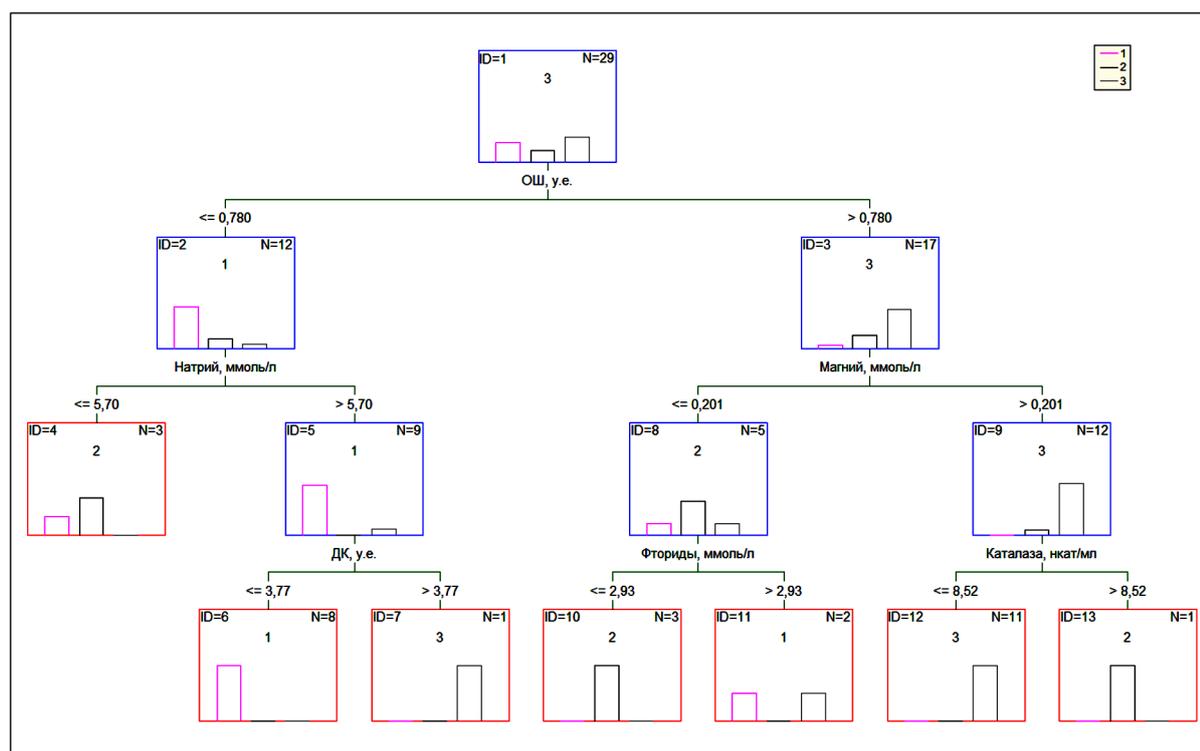


Рис. 3. Дерево решений по биохимическим показателям  
ОШ — основания Шиффа, ДК — диеновые конъюгаты

ный — отрицательный образ самого себя», которая позволяет определить уровень самооценки. Шкала «ТО» — «тонус высокий — низкий», которая показывает уровень подъема сил: при высоких оценках характерна высокая активность и готовность к работе, при низких — усталость, несобранность, низкая работоспособность. «УД» — шкала «удовлетворенности — неудовлетворенности жизни в целом», которая показывает самореализацию в жизни, готовность преодолевать трудности, высокая при высоких оценках, а при низких — характерны сомнения, низкая оценка личностной успешности. Далее идет показатель «Нпр. др.» — неприятие других из личностного опросника, предназначенного для изучения особенностей социально-психологической адаптации и связанных с этим черт личности [19].

По левой ветке дерева в качестве одного из важных показателей выделяется «ЭК» — шкала эмоционального комфорта, «ВК» — шкала внутреннего контроля и «ВнК» — шкала внешнего контроля в методике СПА, которая предназначена для изучения особенностей социально-психологической адаптации и связанных с этим черт личности.

Далее расположена ветка «НПУ» — нервно-психической устойчивости по методике «Прогноз-2» (В. Ю. Рыбникова) [16], которая позволяет выявить отдельные признаки личностных нарушений, а также оценить вероятность возникновения нервно-психических срывов. При высоких оценках показатель характеризуется высоким уровнем поведенческой регуляции, что соответствует значениям ниже порогового; при низких характеризуется склонностью к нарушениям психической деятельности на фоне значительных психи-

ческих и физических нагрузок, что соответствует значениям выше порогового. При этом очень высокая вероятность нервно-психических срывов [24]. Далее расположен показатель «СТ» — ситуативная тревожность, который характеризует состояние субъекта в данный момент времени, в соответствии с переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью [20]. По дереву решений видно, что группа студентов с низкой успеваемостью имеет значения выше порогового и означает склонность к тревожности, отсутствие чувства уверенности в успехе. Напротив, студенты с лучшей успеваемостью обладают умеренной тревожностью, поскольку люди с низким уровнем тревожности требуют повышения чувства ответственности. Поэтому деление по ветке продолжается. Далее расположены показатели «ВК» — шкала внутреннего контроля, «ВнК» — шкала внешнего контроля и «В» — ведомость в методике «СПА», которые характеризуют адаптацию студентов, потому чем выше адаптивный ресурс личности, тем, вероятно, выше академическая успеваемость [25].

При проверке качества классификации видно, что абсолютно верно классифицируются студенты со средней и низкой успеваемостью. Один человек из группы с успеваемостью выше среднего ошибочно был отнесен к группе с неблагоприятным прогнозом (рис. 2).

Для дерева решений, построенного по биохимическим показателям, отмечен вклад продуктов липопероксидации (ДК, ОШ), электролитов (натрий, магний, фториды) и антиоксидантных ферментов (катапаза) (рис. 3). Наиболее весомый

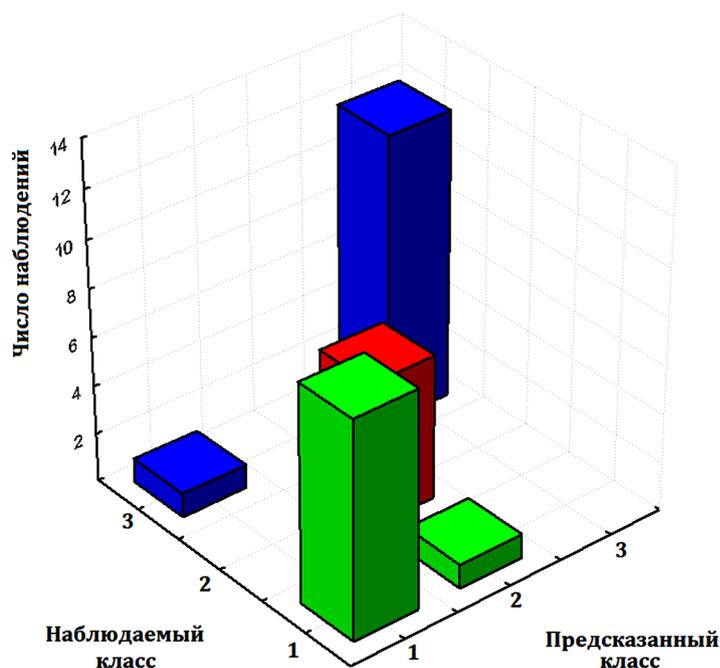


Рис. 4. Оценка качества классификации по дереву решений на основе биохимических показателей

вклад вносит показатель ОШ, входящий в состав системы ПОЛ. Ранее было показано, что стресс приводит к сбою процессов системы ПОЛ и негативно воздействует на организм человека [11]. Поэтому при показателях выше порогового значения происходит ослабление организма, что сказывается на успеваемости (группа 1 по правой ветке дерева). Далее деление происходит по показателям электролитного баланса, так при увеличении концентрации магния и фторида успеваемость ухудшается. Пороговое значение каталазы у студентов с лучшей успеваемостью выше, поскольку большее количество каталазы расходуется в ответ на стресс и сбой в системе ПОЛ, что приводит к уменьшению значений каталазы в группе с плохой успеваемостью.

По левой ветке одним из важных параметров выбрано содержание натрия, изменение которого связано с дисбалансом системы ПОЛ, что приводит к нарушению механизма активного транспорта ионов натрия через мембрану клеток. У студентов с лучшей успеваемостью значение содержания натрия выше порогового значения. Аналогично с показателем ОШ, показатель ДК входит в состав системы ПОЛ, и с его ростом успеваемость падает.

При проверке качество классификации оказалось незначительно хуже: в группе с высокой успеваемостью один студент был ошибочно отнесен к средней, в группе с низкой успеваемостью один студент получил отличный прогноз успеваемости ошибочно (рис. 4). Таким образом, точность выявления группы риска по академической неуспеваемости (группы 3) составила 92,3 % для классификации для биохимии и 100 % для психодиагностического тестирования.

При сравнении деревьев решений, построенных по биохимическим показателям и психологическим тестированиям, следует отметить, что оба метода дают высокую точность выявления групп риска. Однако результаты комплекса тестирований требуют больших временных затрат от обучающихся, тогда как сбор образцов слюны займет не более 10 мин.

### Заключение (Conclusion)

Предложенный алгоритм, основанный на построении деревьев решений по результатам комбинации психологических тестов и биохимических показателей слюны, позволяет своевременно учесть психологические особенности и метаболические изменения обучающихся, что дает возможность скорректировать проблему академической успеваемости студентов. Данная информация может быть использована преподавателями (кураторами, тьюторами) для построения индивидуального плана работы со студентами с целью снижения уровня отчисления.

### Библиографический список

1. Долганов Д. Н. Модель оценки и прогнозирования успешности обучения // Вестник экспериментального образования. 2018. № 1 (14). С. 40–54.
2. Анализ масштаба и причин отсева студентов в техническом университете / А. Ф. Смык, В. И. Прусова, Л. Л. Зиманов, А. А. Солнцев // Высшее образование в России. 2019. № 6. С. 52–62. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-6-52-62
3. Шапоров А. М. Прогнозирование риска отчисления как результат академической неуспешности обучающегося // Яросл. пед. вестн. 2022. № 1 (124). С. 48–55. DOI: 10.20323/1813-145X-2022-1-124-48-55
4. Психологические показатели как прогностические критерии академической успеваемости студентов в медицинском вузе / О. В. Тюсова, Е. Р. Исаева, А. В. Тишков [и др.] // Учен. зап. Первого С.-Петерб. гос. мед. ун-та им. И. П. Павлова. 2017. № 2. С. 66–72. DOI: 10.24884/1607-4181-2017-24-2-66-72
5. Попова Н. А., Егорова Е. С. Интеллектуальный анализ образовательных данных для прогноза успеваемости студентов вуза // Изв. Кабардино-Балкар. науч. центра РАН. 2023. № 2 (112). С. 18–29. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-2-112-18-29
6. Прогностическая модель оценки успешности предметного обучения в условиях цифровизации образования / М. В. Носков, Ю. В. Вайнштейн, М. В. Сомова, И. М. Федотова // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер. : Информатизация образования. 2023. № 1 (20). С. 7–19. DOI: 10.22363/2312-8631-2023-20-1-7-19
7. Гафаров Ф. М., Руднева Я. Б., Шарифов У. Ю. Прогностическое моделирование в высшем образовании: определение факторов академической успеваемости // Высшее образование в России. 2023. № 1 (32). С. 51–70. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-1-51-70

8. Русаков С. В., Русакова О. Л., Посохина К. А. Нейросетевая модель прогнозирования группы риска по успеваемости студентов первого курса // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2018. № 4. С. 815–822. DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.815-822
9. Искусственный интеллект для учебной аналитики и этапы педагогического проектирования: обзор решений / Е. А. Другова, И. И. Журавлева, У. С. Захарова [и др.] // *Вопросы образования*. 2022. № 4. С. 107–153. DOI: 10.17323/1814-9545-2022-4-107-153
10. Геворкян Э. С., Минасян С. М., Абраамян Э. Т. Уровень электролитов и оксида азота в слюне студентов при умственно-эмоциональном напряжении // *Гигиена и санитария*. 2014. № 4. С. 81–85.
11. Сарф Е. А., Бельская Л. В., Руденко А. Е. Инновационный подход к прогнозу академической успеваемости студентов // *Вестн. Ом. гос. пед. ун-та. Гуманитарные исследования*. 2023. № 2 (39). С. 199–203. DOI: 10.36809/2309-9380-2023-39-199-203
12. Нотова С. В., Губайдулина С. Г., Чадова Л. А. К пониманию связи минерального статуса студентов и успеваемости // *Вестн. Оренбург. гос. ун-та*. 2005. № 2. С. 53–54.
13. Bel'skaya L. V., Kosenok V. K., Sarf E. A. Chronophysiological features of the normal mineral composition of human saliva // *Archives of Oral Biology*. 2017. No. 82. P. 286–292. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.06.024
14. Бельская Л. В., Сарф Е. А., Косенок В. К. Биохимия слюны: методы исследования. Омск : Омскбланкиздат, 2015. 70 с.
15. Водопьянова Н. Е. Психодиагностика стресса. СПб. : Питер, 2009. 329 с.
16. Берг Т. Н. Нервно-психическая неустойчивость и способы ее выявления. Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2005. 63 с.
17. Куликов Л. В. Психология настроения. СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1997. 228 с.
18. Куликов Л. В. Руководство к методикам диагностики психических состояний, настроений и сферы чувств. СПб. : С.-Петербур. гос. ун-т, 2003. 512 с.
19. Осницкий А. К. Определение характеристик социальной адаптации // *Психология и школа*. 2004. № 1. С. 43–56.
20. Ханин Ю. Л. Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч. Д. Спилбергера. Ленинград, 1976. 18 с.
21. Фанталова Е. Б. Методика «Уровень соотношения “ценности” и “доступности” в различных жизненных сферах» // *Журнал практического психолога*. 1996. № 2. С. 32–37.
22. Сарф Е. А., Бельская Л. В. Оценка уровня психоэмоционального стресса у обучающихся с использованием биохимического анализа слюны // *Science for Education Today*. 2023. № 13 (4). С. 218–240. DOI: 10.15293/2658-6762.2304.10
23. Особенности актуального состояния и защитно-совладающего поведения у клинических ординаторов разных специальностей / М. А. Шаповалова, М. Р. Сагалова, А. С. Абдуллаева, А. А. Абдуганиев // *Мир науки. Педагогика и психология*. 2023. № 2 (11). URL: <https://mir-nauki.com/PDF/01PSMN223.pdf> (дата обращения: 05.12.2023).
24. Куприянов Р. В., Кузьмина Ю. М. Психодиагностика стресса: практикум. Казань : Казан. нац. исслед. технол. ун-т, 2012. 212 с.
25. Белобрыкина О. А., Дроздова А. В. Социально-психологическая адаптация: проблемы измерения (на примере анализа методики К. Р. Роджерса и Р. Ф. Даймонд) // *Вестник по педагогике и психологии Южной Сибири*. 2021. № 3. С. 10–41. DOI: 10.24412/2303-9744-2021-3-10-41