

**ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ, ПСИХОДИАГНОСТИКА  
ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕД**

УДК 004.89: 37.015.33

Doi: 10.26456/vtpsyed/2024.2.104

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЙ  
КООРДИНАТНОГО УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ  
КАК СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

**А.Г. Уймин**

ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», г. Москва

Предлагается применить методы машинного обучения и нейронных сетей для анализа движений координатного устройства ввода информации (мышь) как данных о психическом состоянии человека за компьютером и на последующей верификации полученных результатов. Основная цель исследования – разработать и верифицировать модель, использующую данные о движениях мыши для определения психического состояния пользователя (в частности, уровня его уверенности). Дополнительно исследование направлено на разработку и верификацию методов автоматизации процесса мониторинга психического состояния пользователей в цифровом пространстве. Исследование опирается на проект RemoteTopology для сбора данных о движении мыши, включая скорость перемещения, частоту кликов и точность наведения. Эксперимент включает серию психодиагностических тестов, каждый тест сопровождается формулой для анализа данных. Результаты подтвердили гипотезу о том, что анализ данных движения мыши может служить надежным индикатором психического состояния пользователя, предоставляя ценную информацию для мониторинга и улучшения психологического благополучия в образовательной среде.

**Ключевые слова:** *RemoteTopology, дистанционная работа, прокторинг, верификация, психодиагностика, психическое состояние пользователя.*

*Введение*

На современном этапе общество испытывает возрастающую потребность в психодиагностике, которая заключается в мониторинге психических состояний людей. Этот спрос усиливается в свете ускоренной цифровой трансформации профессиональной сферы, где компьютеры играют ключевую роль. Традиционные методы психодиагностики часто оказываются трудоемкими и дорогостоящими.

Психодиагностика является ключевым направлением в психологии, целью которого является оценка психических состояний и процессов человека. Эффективность психодиагностики напрямую зависит от надежности и точности используемых инструментов и

© Уймин А.Г., 2023

методик. Важность верификации этих инструментов, подтверждающей их правильность и достоверность, неоспорима, поскольку она лежит в основе всей психодиагностической практики [2, 4, 5, 12].

Методы машинного обучения, в настоящее время активно внедряющиеся в различные сферы науки и техники, предоставляют обещающие перспективы и для психодиагностики [7]. Однако, как и любой инструмент, машинное обучение имеет свои особенности. Ошибки в обучении, неправильный выбор алгоритмов или данных для обучения могут привести к искаженным или неверным результатам. Такие ошибки не просто снижают качество диагностики, но могут негативно повлиять и на жизнь и благополучие пациентов.

В статье Е.В Славутской представлены базовые алгоритмы, использующие структуру искусственных нейронных сетей для анализа данных в сфере психодиагностики [7]. С использованием стандартных программных решений демонстрируется методика конструирования и тренировки нейросетевой модели. Рассматриваются критерии пригодности и перспективы применения нейросетевых алгоритмов в контексте интеллектуального анализа результатов психологического тестирования.

В монографии [8] иллюстрируются применения методик интеллектуального анализа и инструментария искусственных нейронных сетей при обработке психодиагностических данных, опираясь на конкретные кейсы. В исследовании применены базовые алгоритмы, выполненные на платформе стандартного открытого программного обеспечения. Результаты системного анализа предоставлены с детализированной психологической интерпретацией.

В исследовании О.А. Гусева рассматривается задача отслеживания контактной информации пользователей социальной сети с целью определения психотипа индивида [1]. В процессе была разработана методика эффективного сбора данных, технология парсинга. По результатам был сформирован уникальный датасет, который подвергся комплексной обработке и аналитическому изучению. Выводы исследования позволяют предполагать психотип определенного пользователя. Для реализации задачи использовался язык программирования Python.

В статье Menshih P.G. et al. представлена методика вычисления и анализа показателей психодиагностического тестирования респондента [15]. Основной акцент сделан на комплексной оценке неопределенных аспектов поведения водителя, а также диагностике его состояния с использованием алгоритмов машинного обучения. Данный подход способствует уменьшению количества тестовых заданий и ускорению процесса обработки данных благодаря выявлению латентных зависимостей. Основное внимание уделяется мониторингу состояния водителя в режиме онлайн, что предотвращает аварийные ситуации.

В исследовании Colledani D., Anselmi P., Robusto E. обсуждаются преимущества применения классификаторов на базе машинного обучения в психиатрической диагностике [13]. Модели на основе деревьев решений (ML-DTS) представляют инновационную методику расчета и интерпретации результатов психодиагностических ассесментов, способную усилить аккуратность и оперативность выводов. Описанный подход демонстрируется на примере реальных психодиагностических данных. Конкретные данные поперечного исследования, касающиеся как неклинического, так и клинического населения Японии, были получены от зарегистрированной интернет-исследовательской организации.

В исследовании Dolce P. et al. изложена методика, направленная на синтез объяснительного и прогностического моделирования с целью создания инновационных психометрических инструментов, имеющих теоретическое основание в психологии и нейробиологии [14]. Описываются методологические подходы и результаты процесса отбора компонентов инструмента, учитывающего как объяснительные возможности теоретической модели, так и прогностический потенциал современных вычислительных методов. В частности, акцентируется внимание на исследовательском анализе данных для определения размерной структуры, а также применении искусственных нейронных сетей (ANNS) для прогнозирования психопатологических состояний у клинической популяции. Данный подход предоставляет возможность глубокого теоретического понимания характеристик выбранных элементов и их соответствия базовой теоретической модели.

Необходимо отметить, что процедуры верификации данных, описанные в работах, не проработаны, нет единой практики применения.

Традиционные методы верификации инструментов психодиагностики основываются на строгих научных и методологических принципах [3, 6, 9]. В их основе лежит психометрика – наука о методах измерения психических явлений. Подходы, предложенные психометрикой, направлены на обеспечение валидности (действительность), реабилитности (надежность) и стандартизации психодиагностических инструментов. Основные методы психодиагностики представлены в табл. 1.

Применение методов машинного обучения и нейросетей в психодиагностике людей, работающих за компьютером, открывает новые горизонты для исследования и понимания психического состояния современного человека [10]. В эпоху цифровой трансформации профессиональной деятельности стоит особенно остро вопрос контроля и поддержания психического здоровья специалистов, для которых компьютер стал неотъемлемой частью рабочего процесса.

Исключение исследователя-человека из процесса диагностики имеет важное преимущество: применение автоматизированных систем на базе машинного обучения исключает возможность субъективных ошибок, присущих человеческому фактору. Нейросети не подвержены усталости, предвзятости или ошибкам, основанным на личных убеждениях, что может существенно повысить точность диагностики.

Таблица 1

Сравнение методов психодиагностики (на основе [12, 13])

№	Классический метод	Соотношение с проектом
1	Опросы и интервью. Это структурированные или неструктурированные беседы, в которых специалист задает респонденту ряд вопросов для получения информации о его восприятии, чувствах, мыслях и поведении	Не применимо
2	Тестирование. Существует множество стандартизированных психологических тестов, разработанных для измерения различных аспектов личности, когнитивных способностей, эмоций и других психических процессов	Не применимо
3	Проективные методы. Эти методы основаны на предположении, что люди проецируют свои скрытые чувства и мысли на амбивалентные стимулы. Примером является тест Роршаха с пятнами чернил	Не применимо
4	Наблюдение. В процессе наблюдения специалист фиксирует поведение, реакции и взаимодействия респондента в различных ситуациях	Применимо, проблема в поиске специалиста с соответствующей квалификацией
5	Биографический метод. Основан на анализе жизненного пути человека, включая образование, трудовую деятельность, семейные и другие социальные связи	Не применимо
6	Эксперимент. Этот метод включает в себя создание определенных условий для изучения реакций или поведения респондента	Применимо. Создан пул контрольных измерений с заведомо «комфортными условиями». Эти точки выбраны как эталоны для сравнения

*Материалы и методы*

В ходе экспериментального исследования были собраны и проанализированы данные от фокус-группы, состоящей из 90 участников

в возрасте от 18 до 22 лет. Демографическое распределение участников показало преобладание мужчин (72% или 65 человек) над женщинами (28% или 25 человек). Исследование проводилось среди студентов колледжа на факультете сетевых технологий в течение 2021/22 учебного года.

В качестве технологической основы взят проект RemoteTopology [11]. В его рамках идет сбор и анализ данных манипулятора «мышь». В ходе анализа данных сделан акцент на следующие аспекты [16]:

1. Скорость и ритмичность: такие параметры, как общая скорость движения или переменчивость скорости, могут указывать на уровень спокойствия или решимости пользователя.

2. Траектория движения: прямые или резкие движения по сравнению с более криволинейными или колеблющимися могут отражать уверенность, решимость или наоборот – неуверенность или колебания.

3. Частота и динамика кликов: замедление перед кликом, количество двойных кликов или частота непреднамеренных кликов могут быть индикаторами состояния внимания, реакции или нервозности.

4. Паузы и задержки: задержка перед выбором определенного элемента или паузы в движении могут отражать процесс принятия решения, отвлеченность или раздумья.

5. Профилирование задач: наблюдая за движениями мыши в контексте определенных задач (например, решение пазлов или игры), можно делать выводы о стратегии мышления, планировании или проблемном решении.

6. Реакция на стимулы: отклик на внезапные визуальные или аудио стимулы может быть измерен через изменения в движении мыши.

7. Консистентность и предсказуемость: регулярное повторение определенных шаблонов движения может указывать на стабильные привычки или поведенческие модели.

В рассматриваемой системе RemoteTopology входные данные характеризуются следующим функциональным выражением:

$$Xi=Ni[x1(t), x2(t), x3(t)...xn(t)], \quad (1)$$

где  $x1(t), x2(t), x3(t)...xn(t)$  обозначают параметры индивидуальной сигнатуры  $i$ -го испытуемого.

Формула (1) отражает индивидуальные особенности взаимодействия пользователя с платформой. Основываясь на идентификации данной сигнатуры, система способна определить, соответствует ли текущий пользователь предыдущему и определить уровень показателя на конкретной задаче.

Чтобы оценить эффективность системы, предлагается следующий критерий:

$$Qx = SwSr, \quad (2)$$

где  $Sr$  – количество корректных решений системы,  
 $Sw$  – общее количество решений, принятых системой.

Также представляется важным учет ошибочных решений системы:

$$Qe = SwSe, \quad (3)$$

где  $Se$  представляет собой количество ошибочных решений системы,  
 $Sw$  – общее количество решений, принятых системой.

Для оценки эффективности системы предложенные методы исследования включают использование линейной регрессии. Этот подход выбран по нескольким причинам. Во-первых, линейная регрессия позволяет установить зависимость между одной зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Это помогает определить, как различные факторы влияют на исследуемые параметры, такие как уровень концентрации, стрессоустойчивость, логическое мышление и психомоторную координацию. Во-вторых, линейная регрессия является доступным и широко применяемым инструментом, что облегчает интерпретацию результатов исследований. Важно также отметить, что модели включают показатель ошибки ( $e$ ), что повышает точность оценок и предоставляет информацию о возможных отклонениях или аномалиях в данных.

Для каждого из предложенных тестов разработаем соответствующие формулы:

1. Тесты на внимание и концентрацию

*Вводные переменные (признаки):*

$A$  – количество переключений между задачами.

$F$  – частота ошибок при выполнении задач.

$D$  – продолжительность фокусировки на одной задаче без переключений.

$R$  – время реакции на изменение стимула.

$e$  – ошибка регрессии.

Зависимая переменная:

$Con$  – уровень концентрации.

Модель:  $Con = \alpha + \beta_1 A + \beta_2 F + \beta_3 D^{(-1)} + \beta_4 R + e$

2. Тесты на стрессоустойчивость

*Вводные переменные (признаки):*

$L$  – изменение скорости движения мыши под стрессом.

$Q$  – изменение частоты ошибок в стрессовой ситуации.

$M$  – изменение частоты кликов в стрессовой ситуации.

$e$  – ошибка регрессии.

Зависимая переменная:

$Stres$  – уровень стрессоустойчивости.

Модель:  $Stres = \alpha + \beta_1 L + \beta_2 Q + \beta_3 M + e$

3. Задачи на логическое мышление

*Вводные переменные (признаки):*

$N$  – количество правильных решений.

$I$  – среднее время до принятия решения.

$J$  – количество изменений решения (нерешительность).

$e$  – ошибка регрессии.

Зависимая переменная:

$Logic$  – уровень логического мышления.

Модель:  $Logic = \alpha + \beta_1 N + \beta_2 I^{-1} + \beta_3 J + e$

4. Тесты на психомоторную координацию

Вводные переменные (признаки):

$S$  – точность движения курсора к цели.

$T$  – время достижения цели.

$P$  – количество ненужных движений (избыточные петли или отклонения).

$e$  – ошибка регрессии.

Зависимая переменная:

$Psyco$  – уровень психомоторной координации.

Модель:  $Psyco = \alpha + \beta_1 S + \beta_2 T^{-1} + \beta_3 P + e$

В каждой из этих моделей  $\alpha$  представляет собой свободный член, а  $\beta_1, \beta_2, \dots$  – коэффициенты, определяемые на основе данных, полученных в ходе эксперимента. Использование обратных значений для некоторых переменных предполагает, что увеличение продолжительности внимания или времени реакции ведет к снижению уровня концентрации или логического мышления соответственно. Это обеспечивает более точное моделирование взаимосвязей между переменными. Для определения коэффициентов могут быть использованы различные методы машинного обучения и статистический анализ, включая линейную регрессию для установления статистически значимых связей между вводными и зависимыми переменными.

В дополнение к технологической базе, эксперимент включает в себя серию психодиагностических задач и тестов, направленных на оценку различных аспектов психологического состояния участников. К ним относятся:

Тесты на внимание и концентрацию – для оценки способности участника сосредоточиться на задаче и поддерживать внимание в течение определенного времени.

Тесты на стрессоустойчивость – задания, создающие условия для повышенного психологического давления, для анализа реакции участника на стрессовые ситуации.

Задачи на логическое мышление – для оценки способности к аналитическому мышлению и принятию решений.

Тесты на психомоторную координацию – задания, требующие от участника выполнения действий с определенной скоростью и точностью, для оценки координации между мышлением и движениями.

### *Методика эксперимента*

Эксперимент проводится в контролируемой среде, обеспечивающей минимизацию внешних помех и искажений. Участники проходят предварительный отбор на основе критериев исключения, включающих наличие неврологических и психических расстройств, которые могут повлиять на результаты тестирования.

#### *Этапы эксперимента:*

*Подготовка:* участники проходят инструктаж, в ходе которого знакомятся с процедурой эксперимента. Для каждого участника настраивается рабочая станция.

*Базовое тестирование* проводится для определения начального уровня психологического состояния участников. Включает выполнение базовых задач без дополнительного психологического давления.

*Основное тестирование:* участники выполняют серию задач, в ходе которых фиксируются параметры взаимодействия с мышью. Данные собираются в реальном времени с использованием RemoteTopology.

*Анализ данных:* собранные данные анализируются на предмет выявления паттернов, коррелирующих с различными психологическими состояниями. Используются методы машинного обучения и статистического анализа.

#### *Трудности и решения:*

Вариабельность индивидуальных психофизиологических характеристик: для учета этого фактора предусмотрено проведение предварительного этапа базового тестирования, позволяющего корректировать результаты с учетом индивидуальных особенностей участников.

Влияние внешних факторов: эксперимент проводится в специально оборудованных помещениях с контролем за уровнем шума, освещением и другими условиями.

Технические неполадки: предусмотрен резервный набор оборудования и программного обеспечения, а также техническая поддержка на протяжении всего эксперимента.

Этические соображения: участие в эксперименте добровольное, с предварительным информированным согласием, в котором указаны возможные риски и гарантии конфиденциальности.

Таким образом, предложенная методика эксперимента позволяет комплексно оценить психологическое состояние участников, используя данные о движениях мыши в сочетании с традиционными психодиагностическими задачами и тестами, при строгом соблюдении этических стандартов исследования.

#### *Результаты исследования*

Основные результаты:

1. Анализ движений мыши и психологическое состояние:
  - Было установлено, что скорость перемещения курсора значительно снижается (на 15–20%) у участников, испытывающих высокий уровень стресса по сравнению с контрольной группой.
  - Точность наведения курсора снижалась на 25% у участников с низким уровнем концентрации внимания.
  - Частота и ритм кликов менялись в зависимости от уровня стрессоустойчивости: участники с высоким уровнем стрессоустойчивости демонстрировали более регулярный ритм с меньшим числом промахов.
2. Влияние психологического состояния на выполнение задач:
  - В задачах на логическое мышление лучшие результаты показали участники с высоким уровнем стрессоустойчивости (успешность выполнения задач на 30% выше, чем у участников с низким уровнем стрессоустойчивости).
  - В тестах на внимание и концентрацию участники с низким уровнем стресса показали на 40% лучшую способность к поддержанию внимания на протяжении всего тестирования.
3. Демографические различия:
  - Между мужчинами и женщинами были выявлены статистически значимые различия в психомоторной координации: женщины демонстрировали на 10% более высокую точность наведения, но мужчины показали на 15% более высокую скорость реакции в задачах на психомоторную координацию.

Статистический анализ данных проводился с использованием метода t-критерия Стьюдента для сравнения средних значений и ANOVA для анализа вариативности данных между группами. Уровень значимости был установлен на отметке  $p < 0.05$ . Результаты показали, что все вышеуказанные различия являются статистически значимыми.

#### *Обсуждение результатов*

Традиционные методы психодиагностики могут быть трудоемкими и затратными по времени. Нейросети и алгоритмы машинного обучения способны анализировать большие объемы данных практически мгновенно, предоставляя быстрые и точные результаты.

Исследование показало, что анализ данных о движениях мыши может быть эффективным инструментом для оценки психического состояния пользователей. Результаты подчеркивают важность учета психологических факторов при проектировании интерфейсов и взаимодействии с цифровыми технологиями. Также были выявлены значимые демографические различия, которые следует учитывать при разработке и адаптации психодиагностических инструментов и методик.

Эти результаты могут быть использованы для дальнейшего развития методов психодиагностики и создания новых подходов к

мониторингу и улучшению психологического благополучия в профессиональной и образовательной средах.

### **Список литературы**

1. Гусева О.А. Применение методов машинного обучения для анализа психопатов личности // Инженерный вестник Дона. 2023. № 5 (101). С. 103–111.
2. Иконен П. Основные инструменты психоанализа // Познание и переживание. 2022. Т. 3. №. 1. С. 153–166.
3. Ковалёв И. П., Грицевич Т. Д., Стасевич Е. В. Практика применения методик понимания в психологической диагностике личности // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. №. 1-3. С. 71–76.
4. Коробинцева М.С. Психоаналитическая программа социально-гуманитарного исследования в познании причин девиантного поведения обучающихся // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 3. Гуманитарные и общественные науки. 2022. №. 2. С. 175–182.
5. Лучинин А. Психодиагностика. Litres, 2022. С. 15–20.
6. Самохвалова А.Г. и др. Методика оценки психологического благополучия студентов: верификация и валидизация // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2022. Т. 28. №. 1. С. 76–83.
7. Славутская Е.В. Методы машинного обучения в обработке данных психодиагностики // Психология и социальная педагогика: современное состояние и перспективы развития. 2020. С. 24–29.
8. Славутская Е.В., Славутский Л.А. Интеллектуальный анализ данных психодиагностики: традиционные методы и современные подходы: монография. Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева. 2022. С. 78–90.
9. Смирнов А.В. Проективная психодиагностическая методика «ГАЛС-2005 V. 18.2. ИНКОМ». 2020. С. 62–87.
10. Уймин А.Г. Инструменты верификации обучаемого и оценки его эмоционально-психологического состояния при дистанционной работе // Педагогическое образование: история становления и векторы развития: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию открытия педагогического факультета при 2-м МГУ, Москва, 14–15 октября 2021 года. М.: Московский педагогический государственный университет, 2022. С. 769–773.
11. Уймин А.Г., Морозов И.М. Сравнительный анализ инструментов непрерывной онлайн-аутентификации и систем обнаружения аномалий для постоянного подтверждения личности пользователя // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2022. Т. 16. №. 5. С. 48–55.
12. Хотеева Р.И., Арпентьева М.Р. Судебная и криминалистическая психодиагностика: профилирование, верификация и использование полиграфа // Society and Security Insights. 2022. Т. 5. №. 3. С. 118–137.
13. Colledani D., Anselmi P., Robusto E. Machine learning-decision tree classifiers in psychiatric assessment: An application to the diagnosis of major depressive disorder // Psychiatry Research. 2023. Т. 322. P. 115127.

14. Dolce P. et al. Toward a machine learning predictive-oriented approach to complement explanatory modeling. an application for evaluating psychopathological traits based on affective neurosciences and phenomenology //Frontiers in psychology. 2020. Т. 11. P. 446.
15. Menshih P.G. et al. Using Machine Learning Algorithms in Predictive Psychodiagnostics Transportation Case //2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). IEEE, 2021. P. 1–4.
16. Uymin A. Instruments for student verification and assessment of his emotional and psychological state during remote work // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2022. №. 96. P. 98–101.

*Об авторе:*

УЙМИН Антон Григорьевич – старший преподаватель РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина (119991, г. Москва, просп. Ленинский, д. 65, корп. 1); e-mail: au-mail@ya.ru, ORCID 0000-0003-1572-5488

## **ANALYSIS OF MOTION DYNAMICS OF COORDINATE INFORMATION INPUT DEVICE AS A WAY TO DETERMINE THE MENTAL STATE OF THE USER**

**A.G. Uymin**

National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow

The focuses on the application of machine learning and neural network methods to analyze mouse movements as data on the mental state of a person at a computer and on the subsequent verification of the obtained results. The main goal of the research is to develop and verify a model that utilizes mouse movement data to determine a user's mental state (specifically, their confidence level). Additionally, the research aims to develop and verify methods for automating the process of monitoring the mental state of users in the digital space. The study relies on the RemoteTopology project to collect mouse movement data, including movement speed, click rate, and pointing accuracy. Additionally, the experiment includes a series of psychodiagnostic tests, each test accompanied by a formula for analyzing the data. The results supported the hypothesis that analyzing mouse movement data can serve as a reliable indicator of a user's psychological well-being, providing valuable information for monitoring and improving psychological well-being in educational environments.

**Keywords:** *RemoteTopology; remote work; proctoring; verification; psychodiagnostics, mental state of the user.*

Принято в редакцию: 16.02.2024 г.  
Подписано в печать: 19.05.2024 г.