

Нейроинтерфейсы в государственном управлении: возможности и ограничения

Косоруков Артём Андреевич

Кандидат политических наук, старший преподаватель, факультет государственного управления, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, РФ.

E-mail: kosorukov@spa.msu.ru

SPIN-код РИНЦ: [2205-9375](https://elibrary.ru/2205-9375)

ORCID ID: [0000-0002-0275-4899](https://orcid.org/0000-0002-0275-4899)

Аннотация

Изучение современной номенклатуры нейроинтерфейсов направлено на определение технологических горизонтов трансформации государственного управления, при этом особую актуальность оно приобретает в связи с принятием дорожной карты развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект». Пристальное внимание к развитию нейротехнологий отражает стремление Правительства Российской Федерации качественно отреагировать на рост мирового рынка нейроинтерфейсов и на суверенной технологической основе осуществить инновационный переход к новой системе взаимодействия «человек–машина», предоставив государственным служащим возможность более эффективного совершения административных операций. В этой связи целью исследования является раскрытие и визуализация технических возможностей и ограничений, потенциальных рисков от внедрения нейроинтерфейсов в практику государственного управления. С учетом роста программно-технических решений на базе нейротехнологий методы исследования включают в себя когнитивный метод, оценивающий технологические способы применения и вероятные негативные последствия от внедрения нейротехнологий; метод визуализации механизмов и технологий внедрения нейротехнологий как на уровне программных решений, так и на технологическом уровне нейроинтерфейсов; метод экспертного опроса представителей академического сообщества России с использованием Google-таблиц. Результаты проведенного исследования говорят о том, что при всем разнообразии развития нейротехнологий в сфере государственного управления в ближайшие годы могут успешно внедряться технологии компьютерного зрения по идентификации и верификации личности, технологии интеллектуального анализа и синтеза речи, технологии рекомендательных систем и создания виртуальных помощников, технологии межмашинного обучения, технологии нейроуправления коммуникациями и двигательной активностью человека, технологии нейротрекинга, когнитивного усиления и создания смешанных человеко-машинных команд. Потенциальные негативные последствия от внедрения нейротехнологий в практику государственного управления определяют направления дальнейших исследований нейроинтерфейсов, касающихся вопросов обеспечения нейробезопасности, защиты от нейродискриминации алгоритмической предвзятости, прогнозирования эффектов нейростимуляции и когнитивного улучшения, сохранения нейропсихической неприкосновенности человека и целостности его нейрографического профиля.

Ключевые слова

Нейротехнологии, нейроинтерфейс, нейрокоммуникации, нейросенсинг, нейродискриминация, нейробезопасность.

Neurointerfaces in Public Administration: Opportunities and Limitations

Artem A. Kosorukov

Candidate of Political Sciences, Senior Lecturer, Department of Political Analysis, Faculty of Public Administration, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

E-mail: kosorukov@spa.msu.ru

ORCID ID: [0000-0002-0275-4899](https://orcid.org/0000-0002-0275-4899)

Abstract

The study of the modern nomenclature of neurointerfaces is aimed at determining the technological horizons of the transformation of public administration, while it becomes particularly relevant in connection with the adoption of the roadmap for the development of “end-to-end” digital technology “Neurotechnologies and Artificial Intelligence”. Close attention to the development of neurotechnologies reflects the desire of the Russian Federation Government to respond qualitatively to the growth of the global market of neurointerfaces and on a sovereign technological basis to make an innovative transition to a new system of man-machine interaction, providing civil servants with the opportunity to perform administrative operations more efficiently. In this regard, the aim of the study is to reveal and visualize technical capabilities and limitations, potential risks from the introduction of neural interfaces into public administration practice. Taking into account the growth of software and technical solutions based on neurotechnologies, research methods include a cognitive method evaluating technological methods of application and likely negative consequences from the introduction of neurotechnologies, a method for visualizing mechanisms and technologies for the introduction of neurotechnologies both at the level of software solutions and at the technological level of neurointerfaces, a method of expert survey of representatives of the academic community of Russia using Google-tables. The results of the study suggest that, with all the diversity of the development of neurotechnologies in the field of public administration, computer vision technologies for identification and verification of personality, technologies of intelligent analysis and speech synthesis, technologies of recommendation systems and the creation of virtual assistants, technologies of machine learning, technologies of neuromanagement of communications and human motor activity, technologies of neurotracking, cognitive enhancement and the creation of mixed human-machine teams can be successfully implemented in the coming years. The potential negative consequences of the introduction of neurotechnologies into the practice of public administration determine the directions for further research of neurointerfaces related to issues of ensuring neuropsecurity, protection against neurodiscrimination and algorithmic bias, forecasting the effects of neurostimulation and cognitive improvement, preserving the neuropsychic integrity of a person and the integrity of his/her neurological profile.

Keywords

Neurotechnologies, neurointerface, neurocommunications, neurosensing, neuro discrimination, neurosecurity.

Введение

Начиная с момента появления первых машин или технических устройств, способных с помощью механических движений преобразовывать энергию, материю и информацию в полезные для человека формы и направления своего практического применения, люди постоянно стремились их перестроить или усовершенствовать, добиться более точной настройки и управляемости, приблизить или адаптировать интерфейс управления машиной к возможностям человеческого организма, механике работы мышц и, наконец, к электрогенным свойствам функционирования нервной системы. Если управление простыми машинами или, скорее, механизмами (рычагом, колесом, блоком) требовало однотипного приложения физических усилий человека к простому физическому объекту (интерфейс был представлен органами чувств, через которые управленческие воздействия передавались непосредственно мышцам и далее механизмам), то с появлением сложных машин (наливное водяное колесо, архимедов винт, паровая турбина, двигатель внутреннего сгорания и др.), помимо мускульной силы, от человека потребовалось использовать все более сложные и опосредованные интеллектом способы применения физических законов к решению практических задач (интерфейс «человек-машина» был дополнен разнообразными органами управления сложными машинами, а в дальнейшем — аппаратными и программными системами «ввода-вывода» электронно-вычислительных устройств, начиная с первых компьютеров размером с многоэтажное здание и заканчивая современными наноустройствами).

История развития интерфейса «человеческий мозг-машина»

Идея о том, что управление машинами может строиться не только на базе все более точных органов управления и систем «ввода-вывода», имеющих вполне конкретные физические размеры и ограничения и опосредующих тем самым взаимодействие человека с машинами, но и на основе электрогенных свойств нервной системы человека, передающих управленческий импульс непосредственно из мозга в машину, возникла в конце XIX века в работах Р. Катона [Caton 1875], исследовавшего слабые электрические токи мозга кроликов и обезьян, и И.М. Сеченова [Сеченов 1863], выделившего ритмическую электрическую активность мозга лягушки. Уже к началу XX в. исследования электрических процессов в мозге нашли свое отражение в работах В.Я. Данилевского [Данилевский 1901], описавшего стимулы электрической активности мозга лягушек, Э. Реймона [Reymond 1912], раскрывшего электрогенные свойства нерва и мышцы, и В.В. Немминского [Nemminski 1913], впервые зафиксировавшего показатели электроэнцефалографии мозга собаки.

Но о первом теоретическом продвижении в направлении создания интерфейса «человеческий мозг-машина» можно говорить в связи с деятельностью немецкого психиатра и нейрофизиолога Г. Бергера [Berger 1929], который в 1924 году при помощи гальванометра впервые зафиксировал электрические сигналы на поверхности человеческой головы. Уже в 50-е гг. XX в. профессором физиологии Йельского университета Х. Дельгадо [Delgado 1969] был изобретен первый нейроинтерфейс, представляющий собой стимосивер — прибор размером 31 мм, который можно было инвазивно устанавливать в мозговую ткань и управлять поведением испытуемого животного по радиоканалу, в частности управлять поведением агрессивного быка. В 1998 г. нейрохирург Ф. Кеннеди [Kennedy, Вакану 1998] совершил важнейший для нейроотрасли научный прорыв, вживив нейрочип в мозговую ткань человека, и вернул подвижность Джонни Рэю, которую тот потерял после инсульта, обучив его двигать курсором на экране с помощью «силы мысли» — концентрации зрительной активности на определенных участках экрана.

Если говорить о практике внедрения нейротехнологий в сферу государственного управления на современном этапе, то следует отметить, что отслеживание нейроактивности мозга достаточно активно используются в США в судебной практике, в том числе для определения психофизического состояния обвиняемого в момент совершения преступления. Так, данные электроэнцефалографии, или нейробиологические свидетельства нейроактивности мозга, выступают доказательством нарушений в его работе вследствие болезни или психотравмы, влияющих на поведение человека, при этом начиная с 50-х гг. и по настоящее время число таких прецедентов в судебных процессах выросло с 8 до почти 1600 [Филипова 2022].

В 2000-е гг. начинает складываться полноценный мировой рынок коммерческих нейроустройств (Neuralink, Mind Technologies, Covidien и др.), которые выходят за рамки сугубо медицинской проблематики, предотвращения и лечения нейродегенеративных заболеваний и начинают использоваться в образовательной, промышленной, транспортной и развлекательной отраслях экономики [Спешилова и др. 2019], когда EEG-шлемы с VR-расширениями в качестве неинвазивных нейроинтерфейсов помогают контролировать пользователя и осуществлять манипуляции с объектами реального или виртуального мира. Согласно отчету компании Market Research Future¹, к 2030 г. общемировой темп роста рынка нейроинтерфейсов составит 15–16% в год и достигнет более 5 млрд долларов США. При этом в рамках принятой в РФ дорожной карты «Нейротехнологии и искусственный интеллект»² российский рынок в ближайшие годы будет расти на 30% быстрее мирового, а доля России составит около 3% от всех продаж нейроинтерфейсов в мире.

Следует отдельно остановиться на том, что в современной науке понимается под нейроинтерфейсом. Нейроинтерфейс в широком значении представляет собой систему одностороннего или двустороннего обмена информацией между мозгом человека и инвазивным или неинвазивным компьютерным устройством, считывающим его электрическую активность [Bryndin 2021]. При этом в данной статье речь не идет об анализе мысленных коммуникаций с нейроустройством через внутреннюю речь как энергоемком физиологическом процессе, отражающемся в форме семантических чувственных образов; цель исследования состоит в раскрытии и визуализации технических возможностей и ограничений, многочисленных потенциальных рисков от внедрения нейроинтерфейсов и соответствующего программного обеспечения в практику государственного управления. Новизна исследования заключается в раскрытии механизмов и технологий внедрения нейроинтерфейсов в практику работы государственного служащего с учетом новейших достижений в данном технологическом секторе, а также в использовании экспертного мнения ведущих российских специалистов в области нейротехнологий.

Методология исследования опирается на когнитивный метод, позволяющий оценивать технологические способы применения и возможные негативные последствия от внедрения нейротехнологий в практику государственного управления, а также на метод визуализации механизмов и технологий внедрения нейротехнологий различными производителями как на уровне программных решений, так и на технологическом уровне нейроинтерфейсов.

¹ Neuroprosthetics Market Research Report, by Type (Cognitive Prosthetics, Cochlear Implant), Techniques (Vagus Nerve Stimulation), Application (Motor Neuron Disorders) End-User (Hospitals and Clinics, Diagnostic Centers)- Forecast till 2030 // Market Research Future [Электронный ресурс]. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/neuroprosthetics-market-6782> (дата обращения: 15.01.2023).

² Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f (дата обращения: 15.01.2023).

Результаты исследования потенциальных негативных последствий от внедрения нейротехнологий, представленных в Таблице 1, основываются на использовании метода экспертного опроса академического сообщества в формате онлайн-анкетирования с применением таблицы Google (сентябрь–ноябрь 2022 г., выборка — 52 респондента из ведущих вузов России (ЦФО — 40%, СЗФО — 21%, ЮФО — 13%, ПФО — 9%, СКФО — 7%, СФО — 6%, УФО — 3%, ДФО — 1%)).

Ключевой технической проблемой и ограничением нейроинтерфейсов является точность измерений, так как даже инвазивные интерфейсы не могут достичь 100% считывания сигналов, поступающих от нервных клеток по электродам [Бодин и др. 2019] (не говоря уже о неинвазивных нейрочипах, где череп, кожа и другие слои не позволяют отслеживать электрическую активность мозга без определенных искажений и шумов, накладывающихся на магнитную активность нейронов, скорость движения крови в сосудах и изменения в обмене веществ). Более того, строение мозга, состоящего из около 100 млрд нейронов (каждый из которых может создать около 1000 синаптических соединений), не поддается достоверному математическому моделированию на неклассических суперкомпьютерах, так как потенциальное число нейронных связей больше числа атомов в видимой части Вселенной (10^{80} в степени).

И тем не менее нейроинтерфейсы созданы и уже в настоящее время позволяют людям с ограниченной мобильностью с помощью тренированных специальным образом систем «зрительные нервы-мозг», по сути, с помощью сконцентрированного на экранной кнопке взгляда нажимать кнопки на экране (от 10 до 12 символов в минуту [Ma et al. 2022]), осуществляя коммуникацию с другими людьми и миром Интернета вещей, а также управлять нейропротезами и нейромобилями, восстанавливая тем самым свою физическую мобильность и инклюзию [Миронов и др. 2018]. Нейроинтерфейсы отслеживают электрическую активность головного мозга во время как речевой, так и физической активности человека, позволяют на этой основе картировать нейросети головного мозга (см. проект Human Connectome Project³), выделяя в нем зоны, отвечающие за ту или иную активность (см. Рисунок 1). Подобное картирование мозга лежит в основе практически любой системы мониторинга его нейроактивности, выявляющей психологическое и физическое состояние человека, повышение или снижение его концентрации и внимания при решении интеллектуальных задач или осуществлении физической активности.

³ Human Connectome Project // NIH Blueprint for Neuroscience Research [Электронный ресурс]. URL: <https://neuroscienceblueprint.nih.gov/human-connectome/connectome-programs> (дата обращения: 15.01.2023); Mapping out a new era in brain research // CNN Business [Электронный ресурс]. URL: https://edition.cnn.com/2012/03/01/tech/innovation/brain-map-connectome/index.html?eref=rss_health (дата обращения: 15.01.2023).

Human Connectome Project - научно-исследовательский проект по исследованию структурной и функциональной организации человеческого мозга с применением методов томографии, направлен на картирование структурных связей в нервной системе человека. Сканирование нейронной архитектуры человеческого мозга, создание структурных и функциональных карт мозга человека направлены на понимание истоков неврологических и психических процессов, причин различий в способностях и поведении разных людей.

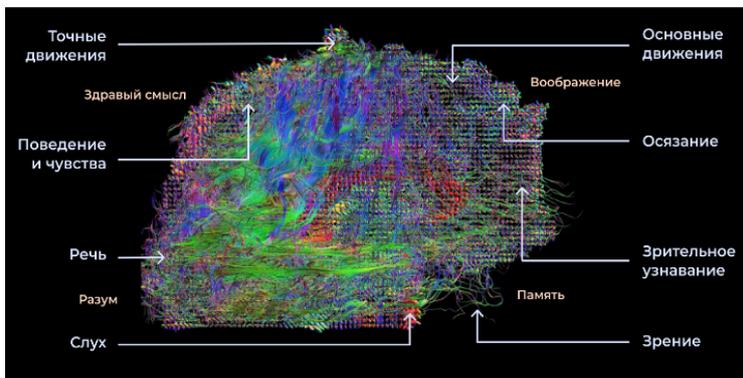


Рисунок 1. Визуализация структурных и функциональных связей в человеческом мозге на основе подсвечивания нервных волокон от Human Connectome Project⁴

В Российской Федерации за последние два десятилетия на базе ведущих научно-исследовательских центров и университетов был сформирован серьезный технологический задел в сфере создания и тестирования нейроинтерфейсов (Neurochat МГУ имени М.В. Ломоносова⁵ и открытая платформа для создания нейротренажеров и нейроинтерфейсов Центра компетенций НТИ на базе Санкт-Петербургского политехнического университета⁶), но централизованно вопрос поддержки отечественных нейротехнологий и коммерциализации соответствующей нейроинтерфейс-продукции впервые был поставлен в 2019 г. Так, говоря о реализации мероприятий федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика», следует отметить принятие в 2019 году дорожной карты развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект». С одной стороны, принятие данной дорожной карты отражает стремление Правительства Российской Федерации оперативно реагировать на растущий мировой рынок ИИ-решений и решений в сфере нейротехнологий (ИИ — до 137,5 млрд, нейротехнологии — до 1,3 млрд долларов к 2024 году), инвестиции до 2024 года в отечественные проекты составят более 170 млрд рублей, с другой стороны, особое внимание к ИИ и нейротехнологиям неслучайно, ведь именно они позволяют осуществлять технологическую эволюцию интерфейсов взаимодействия в системе «человек-машина», благодаря которым, в частности, государственные и муниципальные служащие совершают ежедневные административные операции и работают с данными.

Программно-технические способы внедрения нейротехнологий в государственное управление

В данной статье речь не идет о пересмотре заложенных в национальную программу «Цифровая экономика» до 2024 года технологических решениях, в частности элементах типового

⁴ Составлено автором по: Human Connectome Project // NIH Blueprint for Neuroscience Research [Электронный ресурс]. URL: <https://neuroscienceblueprint.nih.gov/human-connectome/connectome-programs> (дата обращения: 15.01.2023); Mapping out a new era in brain research // CNN Business [Электронный ресурс]. URL: https://edition.cnn.com/2012/03/01/tech/innovation/brain-map-connectome/index.html?eref=rss_health (дата обращения: 15.01.2023)

⁵ Система нейрокоммуникации и нейротренинга // Нейрочат [Электронный ресурс]. URL: <https://neurochat.pro/> (дата обращения: 15.01.2023).

⁶ Открытая платформа для создания нейротренажеров и нейроинтерфейсов // Центр НТИ СПбПУ [Электронный ресурс]. URL: https://nticenter.spbstu.ru/nti_projects/48 (дата обращения: 28.01.2023).

автоматизированного рабочего места государственного служащего; вместе с тем представленный анализ касается возможного дополнения национальной программы «Цифровая экономика» нейроинструментарием в перспективе 2024–2030 гг. Данный инструментарий включает в себя ряд субтехнологий, каждая из которых может существенно расширить технические информационно-аналитические возможности государственных служащих на своих рабочих местах. В частности, речь идет о способности сотрудников органов государственной власти и местного самоуправления воспринимать и анализировать информацию, которая поступает им в рамках исполнения должностных обязанностей.

1. Компьютерное зрение: в связи с тем, что государственным служащим младшей и старшей групп достаточно часто приходится сверять лицо человека с фотографией на цифровом носителе информации или бумажном документе, удостоверяющем личность, все более востребованной для включения в национальную программу «Цифровая экономика» становится отечественная платформа [Luna](#) от VisionLabs, позволяющая распознавать лица в режиме реального времени и сокращающая время идентификации и верификации личности в целях повышения уровня обслуживания граждан, борьбы с мошенничеством и «подлогом личности» физического лица (см. Рисунок 2). Внедрение платформенных технологий Luna позволяет увеличить скорость распознавания до 200 тыс. фото в секунду, а также повысить качество распознавания лиц до 98%. В основе данной технологии лежит метод машинного зрения: компьютерное устройство сканирует лицо человека, сопоставляя их с базой данных, и на основании этого идентифицирует личность человека. Нейросети платформы Luna, постоянно обучающиеся на растущей базе данных физических лиц, способны повысить эффективность Единой системы идентификации и аутентификации (ЕСИА), обеспечивающей доступ государственным служащим и заявителям (включая их биометрическую регистрацию и аутентификацию) к функционалу сайтов государственных органов и коммерческих организаций. По итогам интеграции с ЕСИА платформа Luna сможет обеспечивать более надежную защищенность биометрических персональных данных от несанкционированного доступа третьих лиц и их незаконного использования в сторонних информационных системах, включая изменение контактных данных во взломанном аккаунте с целью выпуска кредитных карт и получения займов, получение доступа к квалифицированной электронной подписи и переоформление права собственности на движимое и недвижимое имущество.

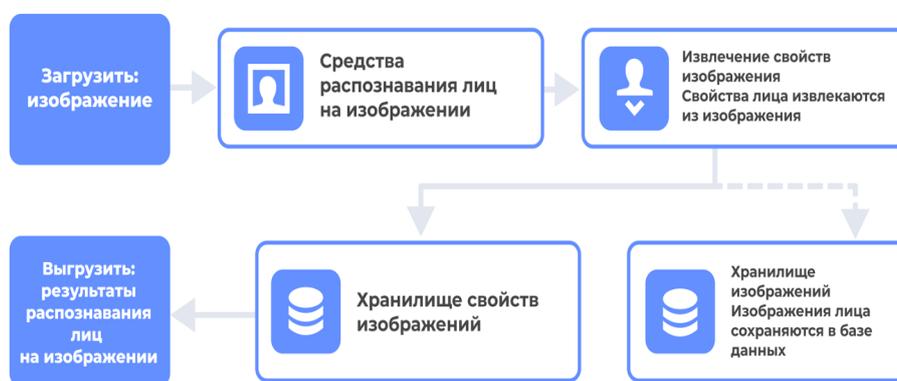


Рисунок 2. Этапы распознавания лиц в платформе Luna от VisionLabs⁷

⁷ Источник: Luna Platform // VisionLabs [Электронный ресурс]. URL: <https://visionlabs.ru/ru/products/luna-platform> (дата обращения: 15.01.2023).

2. Интеллектуальный анализ естественного языка на базе нейросетевых технологий лежит в основе работы переводчика АBBYU Compero от отечественной компании АBBYU и умного помощника «Алиса» от компании «Яндекс». Однако в открытой платформе диалоговых систем DeepPavlov⁸ (Рисунок 3) данная технология носит более комплексный характер за счет оптимального сочетания нейросетевых и символических подходов к проектированию как систем, ориентированных на задачи, так и систем диалога, способных не только качественно усилить работу умных помощников или программных роботов фронт-офисов, веб-интерфейсов сайтов и мобильных приложений, но и увеличить абсолютное количество принятых в работу заявлений и оказанных услуг за счет более точной обработки семантического и эмоционального компонента человеческого языка. Более точное определение тональности текста, синтаксический анализ именованных сущностей, контекстуальное определение того, чего хочет или что подразумевает собеседник, обращаясь к вышеописанным диалоговым системам в экосистеме госуслуг, усиливают доверие и лояльное отношение граждан к программным роботам. В результате на основе анализа и синтеза информации, полученной от граждан, умные помощники могут выявлять потребности и предлагать гражданам новые услуги, а также разрабатывать программы лояльности, которые будут мотивировать их обращаться к государственным услугам снова и снова. Это позволит государству повысить эффективность своей работы и оптимизировать административные процессы согласно запросам самих граждан.

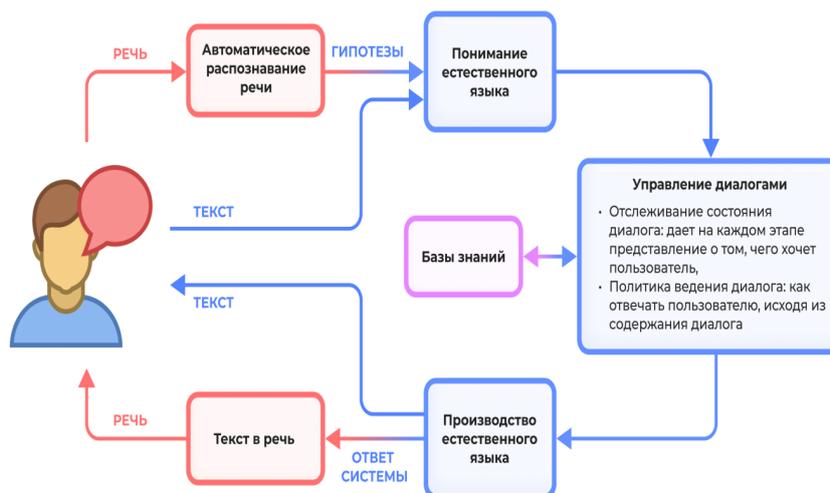


Рисунок 3. Архитектура диалоговой системы DeepPavlov⁹

3. Распознавание и синтез речи: российские продукты [Yandex SpeechKit](#) от компании «Яндекс» и [Smart Logger](#) от группы компаний «Центр речевых технологий» представляют собой инновационный инструментарий для автоматической обработки человеческого языка на массивах неструктурированной речевой информации как на уровне входящих сообщений, так и на уровне синтеза текстовых и голосовых форм ответов заявителям, по телефонии обратившимся за информацией или услугой на портал Госуслуги или в МФЦ (см. Рисунок 4). В случае подключения к цифровым платформам оказания государственных услуг или чат-ботам каналов госорганов в мессенджерах подобные решения способны в круглосуточном формате на многоканальной основе обслуживать функционирование административных процессов и сервисов, блокируя

⁸ How We Enhanced Dialogue Management in Dream Socialbot // Medium [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/deeppavlov/how-did-we-enhance-dialogue-management-in-dream-socialbot-d88057999132> (дата обращения: 15.01.2023).

⁹ Источник: How We Enhanced Dialogue Management in Dream Socialbot // Medium [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/deeppavlov/how-did-we-enhance-dialogue-management-in-dream-socialbot-d88057999132> (дата обращения: 15.01.2023).

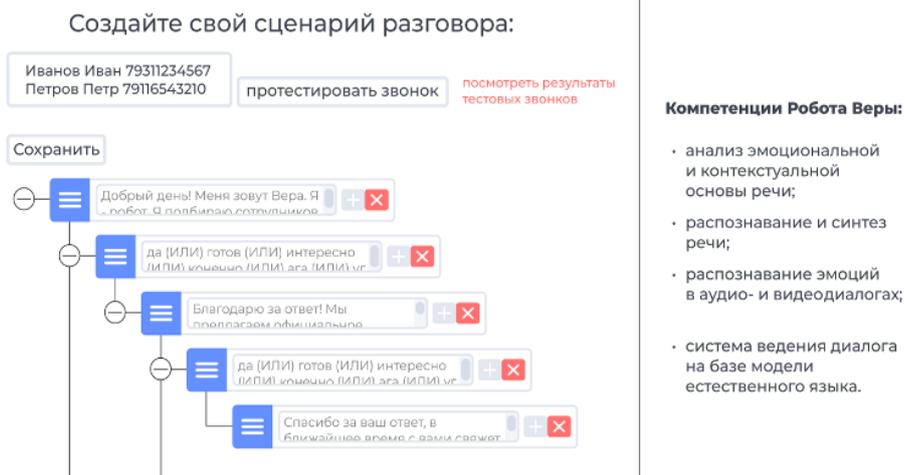


Рисунок 5. Компетенции и сценарии работы робота Вера от Stafory ¹¹

5. Перспективные технологии в сфере искусственного интеллекта, внедряемые, в частности, российской открытой платформой [Smart Open Virtual Assistant \(SOVA\)](#), затрагивают такой аспект работы над интерфейсом, как межмашинное обучение и взаимодействие, представляющее собой создание виртуальных помощников под требования рабочего места государственного служащего разных уровней. Используя технологии распознавания речи, движок чат-бота на основе глубоких нейронных сетей и программного обеспечения по генерации речи, SOVA тренирует умных помощников, доводя качество ведения диалога до состояния, близкого к естественному неформальному языку (в том числе в рамках запланированной поддержки китайского и английского языков), тем самым способствуя построению гармоничного человек-машинного диалога (Рисунок 6). В конечном итоге речь идет о создании общества искусственного интеллекта, способного с применением коллективного искусственного интеллекта выстраивать коллективный диалог между людьми и машинами с целью решения задач любого уровня сложности: начиная от справочных систем и заканчивая прогнозно-аналитическими моделями развития человечества.

Набор данных SOVA

Набор данных SOVA - это бесплатный общедоступный набор данных STT / ASR.

Ключевые факты:

- Русский, английский и китайский языки
- ~ 32 328 часов
- ~ 3,21 ТБ в .wav формате

Состав набора данных

Имя	Lang	Часы работы	Размер	Источник	Оборудование
EngAudioBooksОригинал	EN	7 130	743 Гб	аудиокнига	Профессиональны
EngAudioBooksNoisy	EN	3 873	310 Гб	аудиокнига	Профессиональны

Рисунок 6. Открытый набор данных умного помощника SOVA¹²

¹¹ Источник: Робот Вера // Сайт проекта «Stafory» [Электронный ресурс]. URL: <https://soware.ru/products/robot-vera> (дата обращения: 15.01.2023).

¹² Источник: Sova IDE. Development, Testing and Release Environment for Virtual Assistants // Сайт SOVA [Электронный ресурс]. URL: <https://sova.ai/ide> (дата обращения: 15.01.2023).

6. Технологии нейропротезирования отражают трансформацию всей системы человек-машинной коммуникации, в рамках которой на смену зрительному, слуховому или тактильному механизму считывания информации об окружающем мире приходят механизмы нейрокоммуникации, реализуемые с помощью неинвазивных и инвазивных нейрочипов, не только снимающих электроэнцефалографию мозговой активности человека, но и способных через цифровые каналы связи передавать информацию как напрямую другому человеку, так и управлять умными устройствами, включая протезы, экзоскелеты, с помощью мозговых усилий и порождаемых ими нейроимпульсов [Кравченко и др. 2021]. При этом управляемый нейроимпульсами протез — это искусственное устройство, заменяющее или усиливающее отсутствующую или поврежденную часть тела, которая контролируется нервной системой человека. Российские разработки, продукты от «НейроЧат»¹³ (см. Рисунок 7) и «ЕхоАтлет»¹⁴ активно продвигаются в направлении нейроуправления как коммуникациями [Ганин, Каплан 2022], так и двигательной активностью человека, что в обозримом будущем существенно усилит коммуникационные возможности рабочего места государственного служащего и повысит уровень цифровой инклюзии ограниченно мобильных граждан как с точки зрения получения госуслуг, так и в вопросах найма на государственную службу.

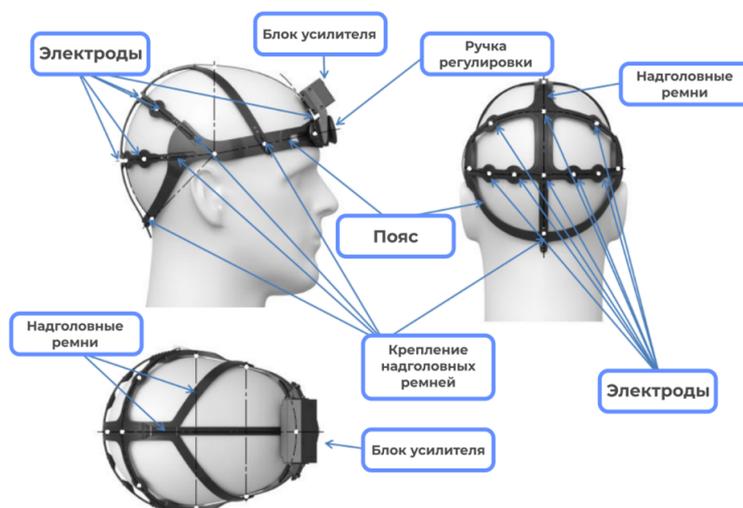


Рисунок 7. Схема нейрогарнитуры «ГарАнт-ЭЭГ» системы «Нейрочат»¹⁵

7. Еще одним направлением использования нейроинструментария выступают нейростимуляция (однаправленный интерфейс) и нейросенсинг (двунаправленный интерфейс) как два направления вынесения коммуникационно-управленческих возможностей нейросигналов за пределы головного мозга. Если нейростимуляция оказывает целенаправленное воздействие на активность нервной системы человека, способствующее усилению поврежденных или недостаточно активизированных областей коры головного мозга, позволяет отслеживать обратную связь и передавать ее с помощью считывающего устройства на любое расстояние, то нейросенсинг является технологией цифрового расширения и углубления чувственного восприятия человеком окружающего мира с помощью носимой электроники, позволяющей также осуществлять наблюдение и контроль за естественными сенсорами человека — органами

¹³ Нейрогарнитура «ГарАнт-ЭЭГ» // НейроЧат [Электронный ресурс]. URL: https://neurochat.pro/upload/user_files/doc/neuroChatPassport.pdf (дата обращения: 15.01.2023).

¹⁴ Стандарты оснащения учреждений реабилитационного профиля // Reamed [Электронный ресурс]. URL: https://reamed.su/upload/iblock/874/u1j80lme401bun8b3zin8gd0r1no0k9i/Katalog_Standarty%20osnashcheniya_2023_web.pdf (дата обращения: 15.01.2023).

¹⁵ Источник: Нейрогарнитура «ГарАнт-ЭЭГ». С. 4 // НейроЧат [Электронный ресурс]. URL: https://neurochat.pro/upload/user_files/doc/neuroChatPassport.pdf (дата обращения: 15.01.2023).

чувств — и порождаемыми ими нейросигналами с помощью обработки сигналов, поступающих от цифровых датчиков к головному мозгу и обратно. Первыми шагами в применении этих технологий в государственном секторе с известными правовыми и этическими оговорками можно считать разработку и тестирование нейроустройств от российской компании «Викиум» (см. Рисунок 8) для отслеживания, анализа и визуализации мозговой активности, тренировки мозга в игровом формате, а также нейротрекеры от российского стартапа [Neiry](#), способные нивелировать стрессовые состояния человека и с помощью тренинга удерживать фокус внимания на профессиональных задачах.

Помимо этого, следует упомянуть возможности нейроимиджинга (нейровизуализации), который, будучи одним из прикладных направлений развития нейротехнологий, позволяет в режиме реального времени изучать структуру головного мозга и его нейроактивности, выделять и прогнозировать возможные психопатологии и осуществлять технический контроль за любыми нейрохирургическими вмешательствами.



Рисунок 8. Игры для тренажера от компании «Викиум»¹⁶

8. Нейротехнологии имеют важное прикладное измерение, связанное с повышением интеллектуальных и познавательных способностей человека или когнитивным усилением [Cinel et al. 2019] (см. Рисунок 9). Когнитивное усиление (КУ) направлено на повышение производительности человека, связанной с реализацией мозговых функций высшего порядка — абстрактными рассуждениями и принятием нестандартных решений. Расшифровка субъективных предпочтений человека по сигналам однократной спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона позволяет отслеживать активность мозга и помогает пользователю получать детальное представление о своих когнитивных процессах и их функциях. Отличительной особенностью КУ от других направлений применения нейротехнологий является то, что его можно использовать для расшифровки и анализа решения, принятого пользователем [Tzovara et al. 2015], или для оценки того, насколько пользователь мог быть уверен в своем решении, что позволяет ему в дальнейшем принимать решения подобного класса на основе наиболее надежных данных и тем самым повышать свою эффективность [Valeriani et al. 2017]. Когнитивное усиление в государственном управлении имеет важное прикладное значение, связанное со снижением вероятности принятия государственным служащим неточных или необоснованных решений, более точным

¹⁶Источник: Брейн-фитнес. Инновационный формат тренировки мозга! // Викиум [Электронный ресурс]. URL: <https://wikium.ru/bf> (дата обращения: 15.01.2023).

прогнозированием поведения объекта управления и принятия самого оптимального решения с учетом не только статистических данных, но и более широкого круга знаний, объединенных логическими связями и проактивным образным мышлением.

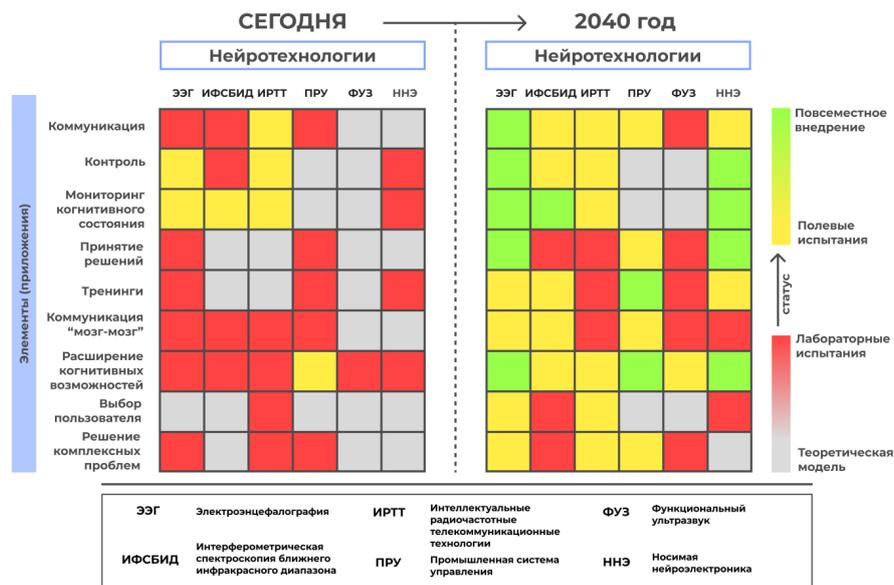


Рисунок 9. Нейротехнологии в сфере когнитивного усиления ¹⁷

9. Нейротехнологии ускоряют процесс как инвазивной (с использованием имплантируемых нейрочипов), так и неинвазивной (нейрочипы в носимой электронике) интеграции людей и машин [Gao et al. 2021], позволяя людям с различными сенсорными ограничениями напрямую подключаться к компьютерным устройствам и взаимодействовать с ними и окружающим миром с помощью нейроимпульсов. Подобное «дотраивание» человеческого мозга или вынесение его сенсоров за границы физического тела соответствуют требованиям информационной эпохи, тем более что интеллектуальные возможности машин, их программные нейросети уже справляются с задачами, требующими больших вычислений, такими как игра в го. Однако следует учитывать, что имплантируемые нейрокомпьютерные интерфейсы и программные нейросети все еще далеки от композиции и конфигурации работы всех частей и нейросетей человеческого мозга и должны обучаться на тех моделях или случаях, где решения уже принимались или могли приниматься людьми (нейросеть AlphaGo¹⁸ от DeepMind (см. Рисунок 10), прежде чем обыграть мировых чемпионов по игре в го, обработала более 1,3 млн архивных партий данной игры с учетом 30 миллионов разыгранных людьми стратегических позиций на доске). Поэтому необходимо учитывать принцип подобия при построении машинного «интеллекта» по образу человеческого, ведь человеком или группой людей не может быть адекватно осознана работа программного интеллекта, функционирующего по алгоритмам, которые не воспроизводимы в рамках индивидуального человеческого мышления, и на массиве данных, которые человеком не охватываются и не воспринимаются вследствие неструктурированности и немасштабности больших данных для индивидуального восприятия. В этой связи в сфере государственного управления ожидаемо будут создаваться команды, состоящие из программных машин и государственных служащих, в рамках которых госслужащие будут отвечать за выбор целей и задач

¹⁷ Источник: [Cinel et al. 2019].

¹⁸ AlphaGo under a Magnifying Glass // Deep Learning: Sky's the Limit? [Электронный ресурс]. URL: <http://deeplearningskysthelimit.blogspot.com/2016/04/part-2-alphago-under-magnifying-glass.html> (дата обращения: 15.01.2023).

в условиях перманентной неопределенности, нести всю полноту ответственности за принятые решения, а машины будут работать над анализом многочисленных ситуаций и всех релевантных массивов данных.



Рисунок 10. Структура нейросети AlphaGo от DeepMind¹⁹

Повсеместное распространение нейротехнологий позволит качественно усилить рутинную практику государственного управления при помощи применения «умных помощников», действующих по моделям человеческого интеллекта, например управлять компьютерными устройствами, сенсорами и датчиками или усиливать когнитивные способности нашего мышления, контролировать уровень внимания на рабочем месте и повышать производительность труда. Для перехода к повседневному использованию нейротехнологических устройств и нейросетевых программ потребуется пересмотр нормативно-правовых и биоэтических основ регулирования нейротехнологий, включая пересмотр допустимых границ и рисков от инвазивного применения нейрочипов, степеней свободы искусственного интеллекта, используемых программных продуктов, принципов и режима регулирования нейрорисков, которые будут возникать как в гражданской производственной сфере, так и в продуктах и услугах для государственного сектора [Филипова 2021]. При этом следует учитывать, что процесс межотраслевой интеграции все еще пилотных нейротехнологических разработок может растянуться на многие годы и более чем на одно десятилетие, пока не будет достигнут необходимый прогресс по смежным технологическим направлениям (нейробиология, биомедицинская инженерия и программирование, нейропсихология и др.). Тем не менее определенные успехи в сфере нейропрототипирования и связанных с ним отраслей производства, фундаментальные и прикладные разработки ведущих академических центров по всему миру позволяют считать, что первые интегрированные прототипы повседневных нейроустройств появятся на рынке к концу десятилетия и будут доступны для широкого круга лиц.

Несмотря на то, что в 2020 году Правительство РФ предусмотрело создание экспериментального правового режима для развития нейроинтерфейсов, нейростимуляции и нейропротезирования, формирования правовой базы, стандартов и технических регламентов для их ускоренного внедрения на практике²⁰, а также обеспечения безопасности и надежности функционирования нейроинтерфейсных систем, для дальнейшего продвижения в области

¹⁹Источник: AlphaGo under a Magnifying Glass // Deep Learning: Sky's the Limit? [Электронный ресурс]. URL: <http://deeplearningskysthelimit.blogspot.com/2016/04/part-2-alphago-under-magnifying-glass.html> (дата обращения: 15.01.2023).

²⁰Постановление Правительства РФ от 28 октября 2020 г. № 1750 «Об утверждении перечня технологий, применяемых в рамках экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций» // Гарант [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74723381/> (дата обращения: 15.01.2023).

нейротехнологий необходима разработка новой отрасли права для регулирования вопросов когнитивной свободы, права на психическую неприкосновенность, права на психическую целостность, права на психологическую преемственность и др. Важно учитывать невозможность на современном этапе точно описать все негативные и наиболее значимые последствия, с которыми органам государственной власти и гражданам придется иметь дело после широкого внедрения нейроустройств и нейротехнологий в целом.

Возникает известная дилемма Коллингриджа — методологическое затруднение, в рамках которого исследователи-разработчики и законодатели в данный момент не могут определить все необходимые нормативные и биоэтические грани регулирования нейротехнологической сферы, тогда как после укоренения данной технологической ветки в обществе потребления контролировать и изменять их будет гораздо сложнее, чем на предварительном этапе. Задача проактивной биоэтики в отношении нейротехнологической сферы состоит в том, чтобы обеспечить предварительную оценку их воздействия, основанную на фактических данных, до того, как нейротехнологии укоренятся и будут невосприимчивы к регулирующему контролю или изменению.

Экспертная оценка последствий внедрения нейротехнологий

Решение дилеммы Коллингриджа на данном этапе развития нейротехнологий лежит в плоскости экспертных опросов, в связи с чем автором было проведено анкетирование экспертного академического сообщества России в формате заполнения онлайн-таблицы с применением платформы Google (сентябрь–ноябрь 2022 г.). Респондентов, являющихся ведущими российскими экспертами из федеральных вузов нашей страны, представляющих 8 федеральных округов, ознакомили с целями проводимого исследования и попросили выделить наиболее вероятные негативные последствия от внедрения нейротехнологий в сферу государственного управления. Обобщение указанных экспертами потенциальных негативных последствий представлено в Таблице 1.

Таблица 1. Потенциальные негативные последствия от внедрения нейротехнологий²¹

№	Потенциальное негативное последствие от внедрения нейротехнологий	Количество экспертов, указавших данное последствие
1	Нарушения в области обеспечения нейробезопасности	48
2	Алгоритмическая предвзятость	35
3	Непредсказуемые эффекты от нейростимуляции	30
4	Нейротехнологии двойного назначения	28
5	Нарушения психической неприкосновенности в широком смысле	25
6	Нарушения психической неприкосновенности в узком смысле	21
7	Нейродискриминация	19
8	Нейрографический профиль человека и групп людей	12
9	Когнитивное улучшение	9

Обсуждение результатов исследования

На основе результатов экспертного опроса можно выделить следующие характеристики потенциальных негативных последствий от внедрения нейротехнологий, ранжированные по частоте упоминания среди ответов экспертов (от более упоминаемых к менее):

²¹ Составлено автором на основе проведенного опроса.

- нарушения в области обеспечения нейробезопасности: программно-технические уязвимости в сфере безопасности нейроустройств, нейротехнологических программ и баз данных могут стать причиной сбоев в их работе, нанесения ущерба биологическому и психическому здоровью государственного служащего, незаконного доступа к его личным данным и использования их против интересов личности и государства;
- алгоритмическая предвзятость: специальные алгоритмы, заложенные в программное обеспечение нейроустройств, не говоря уже о корпоративной политике их производителей, могут выступать фильтром обработки и передачи информации между государственными служащими и другими гражданами, дискриминируя пользователей нейроустройств по расовому, национальному, конфессиональному, социальному, политическому, экономическому, гендерным и другим критериям;
- непредсказуемые эффекты от нейростимуляции: непреднамеренные биологические и психические побочные эффекты от нейростимуляции мозга государственного служащего, начиная от улучшения когнитивных функций и заканчивая их деградацией, недостаточно изучены и требуют предварительных исследований в рамках таких наук, как неврология, нейромедицина, нейропсихиатрия, поведенческая психология, молекулярная биология, информатика;
- нейротехнологии двойного назначения: отсутствие международных стандартов в области разработки нейроустройств и неконтролируемое внедрение нейротехнологий в государственный сектор могут привести к распространению нейротехнологий двойного назначения и их применению в преступных целях, не говоря уже об отсутствии международного контроля над перспективным нейротехнологическим оружием и практикой его применения при ведении наступательных операций;
- нарушения психической неприкосновенности в широком смысле: получение несанкционированного доступа к конфиденциальной информации непосредственно на уровне нейросигналов мозговой активности государственного служащего, ретроспективный анализ и прогнозирование нейропсихической активности мозга, непреднамеренное и преднамеренное нейровоздействие на психические процессы открывают безграничные возможности по контролю над отдельным чиновником и бюрократией в целом;
- нарушения психической неприкосновенности в узком смысле: раскрытие семантического или визуального содержания психических состояний государственного служащего с помощью нейротехнологий и анализ данных, содержащихся в его мозге, могут создать новую социально-политическую реальность, в которой стерты границы между психологическим и аналитическим, частным и публичным, личным и государственно-корпоративным;
- нейродискриминация: дискриминация пользователей нейроустройств на основе нейроанатомических или нейрофункциональных признаков мозговой активности, выявленных с помощью нейроскрининга, может создать общество нейронеравенства;
- нейрографический профиль человека и групп людей: дискриминационное профилирование отдельных лиц и групп людей на основе их неврологических характеристик может способствовать построению общества глубокого биопсихологического неравенства и разделения, подавления и предвзятости;
- когнитивное улучшение: нейротехнологии, используемые для немедицинского усиления когнитивных функций государственного служащего, целенаправленной модификации его психологических и поведенческих черт, ставят под сомнение возможность обеспечения социальной справедливости и равенства в обществе.

Заключение

В результате проведенного исследования по оценке технологических способов применения нейротехнологий, визуализации программных и технических механизмов внедрения нейроинтерфейсов различными производителями, а также выявления потенциальных негативных последствий от внедрения нейроинтерфейсов в практику государственного управления были сделаны следующие выводы.

При всем многообразии и многовекторности современных нейротехнологий в государственном секторе в настоящее время могут успешно внедряться технологии компьютерного зрения для точной идентификации и верификации личности гражданина в режиме реального времени; технологии интеллектуального анализа естественного языка на базе нейросетей для совершенствования работы виртуальных помощников на уровне фронт-офисов и веб-интерфейсов; технологии распознавания и синтеза речи для обработки входящих сообщений, синтеза текстовых и голосовых форм ответов; технологии рекомендательных систем, освобождающих государственных служащих от рутинной сверки баз данных и обработки резюме кандидатов, проведения аудио- и видеointервью; технологии межмашинного обучения, позволяющие создавать виртуальных помощников государственных служащих и выстраивающих человек-машинный диалог; технологии нейрорегуляции межличностными коммуникациями и двигательной активностью человека; технологии нейротренинга для снижения стрессовых состояний и фокусирования внимания на профессиональных задачах; технологии когнитивного усиления для снижения вероятности принятия неточных или недатацентричных решений и прогнозирования поведения объекта управления.

Оценка потенциальных негативных последствий от внедрения нейротехнологий в практику государственного управления определяет направления дальнейших исследований нейроинтерфейсов: механизмы и технологии обеспечения нейробезопасности; способы преодоления алгоритмической предвзятости и нейродискриминации; прогнозирование и профилактика негативных эффектов от нейростимуляции; контроль за нейротехнологиями двойного назначения; защита от потенциальных нарушений психической неприкосновенности в широком и узком смысле; регулирование вопросов целостности нейрографического профиля человека и групп людей, а также возможных биоэтических и юридических границ в сфере когнитивного улучшения. Ранжированные по частоте упоминания экспертами потенциальные негативные последствия от внедрения нейротехнологий дополняют исследования в данной области знания и могут позволить государству задать более взвешенный вектор развития нейротехнологического сектора в рамках реализации дорожной карты «Нейротехнологии и искусственный интеллект».

Список литературы:

Бодин О.Н., Солодимова Г.А., Спиркин А.Н. Нейроинтерфейс для управления роботизированными устройствами // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2019. № 4 (30). С. 70–76. DOI: [10.21685/2307-5538-2019-4-8](https://doi.org/10.21685/2307-5538-2019-4-8)

Ганин И.П., Каплан А.Я. Изучение эффектов вариативности потенциалов мозга человека в интерфейсе мозг-компьютер на волне P300 // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2022. № 3. С. 78–85. DOI: [10.24075/vrgmu.2022.033](https://doi.org/10.24075/vrgmu.2022.033)

Данилевский В.Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. Том 2. Дальнейшие опыты по нейро-электрокинезу. Харьков: Паровая Типо-Литография М. Зильбергеръ и С-вья, 1901.

- Кравченко С.В., Каде А.Х., Трофименко А.И., Вчерашнюк С.П., Малышко В.В. Когнитивное нейропротезирование — путь от эксперимента к клиническому применению // Инновационная медицина Кубани. 2021. № 3. С. 64–72. DOI: [10.35401/2500-0268-2021-23-3-64-72](https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-23-3-64-72)
- Мионов В.И., Лобов С.А., Крылова Н.П., Гордлеева С.Ю., Каплан А.Я., Буйлова Т.В., Бахшиев А.Б., Щуровский Д.В., Вагнер В.О., Кастальский И.А., Ли А.Н., Казанцев В.Б. Разработка нейрорегулируемого автомобиля для мобилизации людей с двигательным дефицитом — нейромобиль // Современные технологии в медицине. 2018. Т. 10. № 4. С. 49–59. DOI: [10.17691/stm2018.10.4.06](https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.06)
- Сеченов И.М. Рефлексы головного мозга // Медицинский вестник. 1863. № 47. С. 461–484; № 48. С. 493–512.
- Спешилова Н.В., Андриенко Д.А., Рахматуллин Р.Р., Спешилов Е.А. Анализ и оценка горизонтов применения технологии нейроинтерфейса при реализации концепции «Индустрия 4.0» в конкурирующем мировом экономическом пространстве // Вестник Евразийской науки. 2019. № 2. URL: <https://esj.today/52ecvn219.html>
- Филипова И.А. Нейротехнологии: развитие, применение на практике и правовое регулирование // Вестник СПбГУ. Право. 2021. Т. 12. № 3. С. 502–521. DOI: [10.21638/spbu14.2021.302](https://doi.org/10.21638/spbu14.2021.302)
- Филипов И.А. Нейротехнологии в праве и правоприменении: прошлое, настоящее и будущее // Правоприменение. 2022. Т. 6. № 2. С. 32–49. DOI: [10.52468/2542-1514.2022.6\(2\).32-49](https://doi.org/10.52468/2542-1514.2022.6(2).32-49)
- Berger H. Über das Elektroenzephalogramm des Menschen // Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. 1929. Bd. 87. № 1. S. 527–570.
- Bryndin E. Communication of Internal Speech with Communicative Associative Robot via Spectral Neurointerface // Electrical Science and Engineering. 2021. Vol. 3. Is. 1. P. 16–22. DOI: [10.30564/ese.v3i1.3255](https://doi.org/10.30564/ese.v3i1.3255)
- Caton R. Electrical Currents of the Brain // The Chicago Journal of Nervous and Mental Disease. 1875. Vol. 4. Is. 2. P. 610.
- Cinel C., Valeriani D., Poli R. Neurotechnologies for Human Cognitive Augmentation: Current State of the Art and Future Prospects // Frontiers in Human Neuroscience. 2019. Vol. 13. DOI: [10.3389/fnhum.2019.00013](https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00013)
- Delgado J. Physical Control of the Mind: Toward a Psychocivilized Society. New York: Harper & Row, 1969.
- Gao X., Wang Y., Chen X., Gao S. Interface, Interaction, and Intelligence in Generalized Brain-Computer Interfaces // Trends in Cognitive Sciences. 2021. Vol. 25. Is. 8. P. 671–684. DOI: [10.1016/j.tics.2021.04.003](https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.04.003)
- Kennedy P., Bakay R. Restoration of Neural Output from a Paralyzed Patient by a Direct Brain Connection // Neuroreport, 1998. Vol. 9. Is. 8. P. 1707–1711. DOI: [0.1097/00001756-199806010-00007](https://doi.org/0.1097/00001756-199806010-00007)
- Ma Q., Gao W., Xiao Q., Ding L., Gao T., Zhou Y., Gao X., Yan Y., Liu Ch., Gu Z., Kong X., Abbasi Q.H., Li L., Qiu Cg-W., Li Y., Cui T.J. Directly Wireless Communication of Human Minds via Non-Invasive Brain-Computer-Metasurface Platform // eLight. 2022. Vol. 2. DOI: [10.1186/s43593-022-00019-x](https://doi.org/10.1186/s43593-022-00019-x)
- Nemmski W.W. Ein Versuch der Registrierung der elektrischen Gehirnerscheinungen // Zentralblatt für Physiologie. 1913. Bd. XXVII. S. 951–960.
- Reymond E. Reden von Emil Du Bois-Reymond. Leipzig: Verlag von Veit and Comp., 1912.
- Tzovara A., Chavarriaga R., De Lucia M. Quantifying the Time for Accurate EEG Decoding of Single Value-Based Decisions // Journal of Neuroscience Methods. 2015. Vol. 250. P. 114–125. DOI: [10.1016/j.jneumeth.2014.09.029](https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.09.029)
- Valeriani D., Cinel C., Poli R. Group Augmentation in Realistic Visual-Search Decisions via a Hybrid Brain-Computer Interface // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. DOI: [10.1038/s41598-017-08265-7](https://doi.org/10.1038/s41598-017-08265-7)

References:

- Berger H. (1929) Über das Elektroenzephalogramm des Menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*. Bd. 87. № 1. S. 527–570.
- Bodin O.N., Solodimova G.A., Spirkin A.N. (2019) Neurointerfaces for Controlling Robotic Devices. *Izmereniye. Monitoring. Upravleniye. Kontrol'*. No. 4 (30). P. 70–76. DOI: [10.21685/2307-5538-2019-4-8](https://doi.org/10.21685/2307-5538-2019-4-8)
- Bryndin E. (2021) Communication of Internal Speech with Communicative Associative Robot via Spectral Neurointerface. *Electrical Science and Engineering*. Vol. 3. Is. 1. P. 16–22. DOI: [10.30564/ese.v3i1.3255](https://doi.org/10.30564/ese.v3i1.3255)
- Caton R. (1875) Electrical Currents of the Brain. *The Chicago Journal of Nervous and Mental Disease*. Vol. 4. Is. 2. P. 610.
- Cinel C., Valeriani D., Poli R. (2019) Neurotechnologies for Human Cognitive Augmentation: Current State of the Art and Future Prospects. *Frontiers in Human Neuroscience*. Vol. 13. DOI: [10.3389/fnhum.2019.00013](https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00013)
- Danilevsky V.Ya. (1901) *Issledovaniya nad fiziologicheskim deystviyem elektrichestva na rasstoyanii. Tom 2. Dal'neyshiyey opyty po neyro-elektrokinezu* [Research on the Physiological Effect of Electricity at a Distance. Vol 2. Further Experiments on Neuro-Electrokinesis]. Kharkov: Parovaya Tipo-Litografiya M. Zil'berger" i S-v'ya.
- Delgado J. (1969) *Physical Control of the Mind: Toward a Psychocivilized Society*. New York: Harper & Row.
- Filipova I.A. (2021) Neurotechnologies: Development, Practical Application and Regulation. *Vestnik SPbGU. Pravo*. Vol. 12. No. 3. P. 502–521. DOI: [10.21638/spbu14.2021.302](https://doi.org/10.21638/spbu14.2021.302)
- Filipova I.A. (2022) Neurotechnologies in Law and Law Enforcement: Past, Present and Future. *Pravoprimeneniye*. Vol. 6. No. 2. P. 32–49. DOI: [10.52468/2542-1514.2022.6\(2\).32-49](https://doi.org/10.52468/2542-1514.2022.6(2).32-49)
- Ganin I.P., Kaplan A.Ya. (2022) Study of the Human Brain Potentials Variability Effects in P300 Based Brain-Computer Interface. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. No. 3. P. 78–85. DOI: [10.24075/vrgmu.2022.033](https://doi.org/10.24075/vrgmu.2022.033)
- Gao X., Wang Y., Chen X., Gao S. (2021) Interface, Interaction, and Intelligence in Generalized Brain-Computer Interfaces. *Trends in Cognitive Sciences*. Vol. 25. Is. 8. P. 671–684. DOI: [10.1016/j.tics.2021.04.003](https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.04.003)
- Kennedy P., Bakay R. (1998) Restoration of Neural Output from a Paralyzed Patient by a Direct Brain Connection. *Neuroreport*. Vol. 9. Is. 8. P. 1707–1711. DOI: [0.1097/00001756-199806010-00007](https://doi.org/0.1097/00001756-199806010-00007)
- Kravchenko S.V., Kade A.Kh., Trofimenko A.I., Vcherashnyuk S.P., Malyshko V.V. (2021) Cognitive Neural Prosthetics — the Way from Experiment to Clinical Application. *Innovatsionnaya meditsina Kubani*. No. 3. P. 64–72 DOI: [10.35401/2500-0268-2021-23-3-64-72](https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-23-3-64-72)
- Ma Q., Gao W., Xiao Q., Ding L., Gao T., Zhou Y., Gao X., Yan Y., Liu Ch., Gu Z., Kong X., Abbasi Q.H., Li L., Qiu Cg-W., Li Y., Cui T.J.(2022) Directly Wireless Communication of Human Minds via Non-Invasive Brain-Computer-Metasurface Platform. *eLight*. Vol. 2. DOI: [10.1186/s43593-022-00019-x](https://doi.org/10.1186/s43593-022-00019-x)
- Mironov V.I., Lobov S.A., Krylova N.P., Gordleeva S.Yu., Kaplan A.Ya., Buylova T.V., Bakhshiyev A.V., Shchurovsky D.V., Wagner V.O., Kastalskiy I.A., Li A.N., Kazantsev V.B. (2018) Development of a Neurally-Controlled Vehicle — Neuro-Mobile — for Driving by Individuals with Motor Deficiency. *Sovremennye Tehnologii v Medicine*. No. 10(4). P. 49–59. DOI: [10.17691/stm2018.10.4.06](https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.06)
- Nemminski W.W. (1913) Ein Versuch der Registrierung der elektrischen Gehirnerscheinungen. *Zentralblatt für Physiologie*. Bd. XXVII. S. 951–960.
- Sechenov I.M. (1863) Refleksy golovnogo mozga [Reflexes of the Brain]. *Meditsinskiy vestnik*. No. 47. P. 461–484; No. 48. P. 493–512.
- Reymond E. (1912) *Reden von Emil Du Bois-Reymond*. Leipzig: Verlag von Veit and Comp.

Speshilova N.V., Andrienko D.A., Rakhmatullin R.R., Speshilov E.A. (2019) Analysis and Evaluation of the Horizons of Application of Neurointerface Technology in the Implementation of the Concept of "Industry 4.0" in a Competitive Global Economic Space. *Vestnik Evraziyskoy nauki*. No.2. Available: <https://esj.today/52ecvn219.html>

Tzovara A., Chavarriaga R., De Lucia M. (2015) Quantifying the Time for Accurate EEG Decoding of Single Value-Based Decisions. *Journal of Neuroscience Methods*. Vol. 250. P. 114–125. DOI: [10.1016/j.jneumeth.2014.09.029](https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.09.029)

Valeriani D., Cinel C., Poli R. (2017) Group Augmentation in Realistic Visual-Search Decisions via a Hybrid Brain-Computer Interface. *Scientific Reports*. Vol. 7. DOI: [10.1038/s41598-017-08265-7](https://doi.org/10.1038/s41598-017-08265-7)

Дата поступления/Received: 02.03.2023