

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пятигорский государственный университет»

**Философские проблемы
информационных технологий
и киберпространства**

Сетевой научный журнал

№ 2 (24) 2023

ISSN 2305-3763

<https://cyberspace.pgu.ru>

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ информационных технологий и киберпространства

№ 2 (24) 2023

ISSN 2305-3763

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
Эл. № ФС77-50786

<https://cyberspace.pgu.ru>

Сетевой журнал «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства» является электронным научным изданием, официально зарегистрированным в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Свидетельство о регистрации средств массовой информации Эл № ФС77-50786).

Журнал руководствуется политикой свободного доступа (Open Access) на основании Лицензии Creative Commons «Attribution-NoDerivs» («Атрибуция – Без производных произведений») CC BY-ND.

Учредитель журнала – ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет».

Издание включено в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и представлено в Научной Электронной Библиотеке в открытом доступе, на открытой платформе научной электронной библиотеки Cyberleninka.ru и электронной библиотечной системе IPRBooks.

Журнал индексируется в международных базах данных: Ulrich's Periodicals Directory European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS), EBSCO Host, CrossRef (DOI), Social Science Open Access Repository (SSOAR) UlrichsWeb, EBSCOhost, а также в репозиториях CrossRef. Опубликованным статьям присваивается уникальный идентификатор DOI.

Первые издания увидели свет в 2010 г. в качестве сборников научных статей, выпущенных по итогам Международной конференции «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства», регулярно проводимой на базе ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет».

© ФГБОУ ВО «ПГУ», 2023

© Коллектив авторов, 2023

В статусе научного журнала издается с 2012 г.

Содержание

Бхатти Н.В.

Эмоциональный интеллект и освоение второго языка
в условиях цифровизации образовательной среды4

Даниелян Н.В.

Социальный характер технологий искусственного интеллекта 18

Корсакова-Крейн М.Н.

Искусственный интеллект и эмоции.....33

Макеева Н.В.

Нейросетевые методы классификации гласных в вокалических
системах с признаком продвинутости корня языка, или ATR..... 49

Маркова Г.М., Барцев С.И.

Эвристическое моделирование рефлексии в рефлексивных
играх61

Преснякова В.М.

Связь тела и сознания: как мозг управляет телесными
реакциями80

Рябинин А.Е.

Особенности проектирования системы, генерирующей
контрольно-тестовые задания90

Хабарова Е.М.

Машинный перевод выразительных средств – метафор 108

Барцев С.И., Маркова Г.М., Матвеева А.И.

Биофизический подход к моделированию рефлексии:
обоснование, методы, результаты 120

Барышников П.Н.

Сознание, тело, интеллект, язык в эпоху когнитивных технологий.
Краткий обзор конференции MBIL-2023 140

УДК 101.2

DOI 10.17726/phillT.2023.2.1



Эмоциональный интеллект и освоение второго языка в условиях цифровизации образовательной среды

Бхатти Наталья Викторовна,

*кандидат филологических наук, доцент,
доцент кафедры индоевропейских и восточных языков,
Государственный университет просвещения
Мытищи, Россия*

nataliebhatti@gmail.com

Аннотация. Теория Г.Гарднера об интеллекте как определенной модели мышления, качестве, способствующем дальнейшему выявлению различий между людьми, и способе выполнения человеком определенной задачи с опорой на базовый, генетически заложенный спектр интересов и склонностей дополнялась новыми составляющими и развивалась в различных направлениях, изучающих когнитивную деятельность человека. Так, понятие эмоционального интеллекта, который представляет собой предмет изучения данной работы, было введено американскими учеными Джоном Мэйером, Питером Саловейем и Дэниэлом Гоулманом. Интеллект в широком смысле понимается в данной работе как умение мыслить абстрактно, способность улавливать оттенки значений, устанавливать сходства и различия между понятиями, делать обобщения, решать проблемы, учиться и обучаться на основании полученного опыта. Эмоциональный интеллект не является составляющей общего интеллекта. Эмоциональный интеллект можно определить как способность человека воспринимать себя и окружающих и взаимодействовать с окружающим миром на основании получаемой и перерабатываемой им эмоциональной информации. Процесс освоения языков, как первого, так и последующих, опосредован необходимостью взаимодействовать с окружающими. Таким образом, умение управлять этим процессом является ключевым фактором в осуществлении коммуникации и освоении новой языковой системы. Применение цифровых технологий и виртуальных образовательных ресурсов в обучении в целом, и в языковом обучении в особенности, существенно ограничивает непосредственное взаимодействие между участниками процесса. Это не может не сказываться на процессе освоения языков и требует переосмысления распределения видов учебно-познавательной деятельности.

Ключевые слова: эмоциональный интеллект; эмоциональная компетенция; электронная образовательная среда; иноязычная коммуникативная компетенция; освоение второго языка.

Emotional intelligence and the second language acquisition in virtual learning environment

Bhatti Natalia Viktorovna,

*Candidate of Philological Sciences, associate professor,
associate professor of the Department of Indoeuropean
and Oriental languages,*

The State University of Education Mytishchi, Russia

nataliebhatti@gmail.com

Abstract. Gardner's theory of multiple intelligences has been further developed to focus on the research of human cognitive activities. Thus, the concept of emotional intelligence, which is the topic of the current paper, was introduced by John D. Mayer, Peter Salovey and Daniel Goleman. General intelligence can be defined as the capacity to carry out abstract reasoning to understand meanings, to recognize the similarities and differences between two concepts and to make generalizations. Emotional intelligence is not a part of general intelligence. Emotional intelligence can be defined as an ability of a human to perceive oneself and interact with others with the help of obtained and processed emotional information. Language acquisition is mediated by the necessity to communicate with others. Consequently, the ability to manage the process of communication is of utmost importance in learning a language. Virtual learning environment reduces dramatically the immediate interaction of the participants of the process of education. It undoubtedly affects the process of acquisition and demands to reconsider the distribution of different learning activities.

Key words: emotional intelligence; emotional competence; virtual learning environment; foreign language communicative competence; second language acquisition.

По мере внедрения цифровых технологий и развития искусственного интеллекта во всех сферах человеческой деятельности потребность в личном взаимодействии между людьми, как участниками интеллектуальной коммуникации, постепенно теряется. К личному общению прибегают все чаще только в ситуациях, требующих серьезного осмысления, предельной концентрации или непосредственного оценивания эмоциональной составляющей коммуникации. Таким образом, эмоциональный аспект человеческого взаимодействия не подлежит роботизации и может быть

координирован только при помощи непосредственного участия самого человека.

Эмоциональная составляющая человека может быть исследована в рамках понятия «эмоциональный интеллект». Начало изучения проблемы интеллектов было положено в конце 20 века Г. Гарднером, поделившим интеллект на внутренний, включающий свои эмоции, и межличностный, относящийся к эмоциям окружающих [8]. Термин «эмоциональный коэффициент интеллекта» был предложен израильским психологом Рувеном Бар-Оном [7], а понятие эмоционального интеллекта было введено Джоном Мейером и Питером Сэловейем, определившими его как разновидность социального интеллекта, нацеленную на распознавание собственных эмоций, эмоций окружающих и регуляции своего поведения в соответствии с полученной информацией [10]. Чуть позднее Дэниел Гоулман сформировал модель составляющих эмоционального интеллекта, на которой основываются современные тесты определения эмоционального интеллекта (Emotional Competency Inventory (ECI), Emotional and Social Competency Inventory (ESCI), Emotional and Social Competency – University Edition (ESCI-U)) [2]. В отечественной науке наиболее известна концепция эмоционального интеллекта Д. В. Люсина [3]. Ключевыми характеристиками эмоционального интеллекта, объединяющими все вышеперечисленные теории, являются способности понимать свои и чужие эмоции и управлять ими.

Подавляющее большинство исследований эмоционального интеллекта проводится в рамках психологии, огромное количество работ посвящено изучению влияния эмоционального интеллекта на успех в бизнес-сфере и карьерные достижения. Эмоциональный интеллект все чаще признается ценным индикатором карьерного роста и высокой производительности труда [1; 5]. Представляется актуальным проанализировать роль эмоционального интеллекта в образовательной среде, в частности в процессе освоения языков, и установить наличие или отсутствие взаимосвязи между уровнем развития эмоционального интеллекта у обучающегося и его успехами в процессе изучения иностранного языка. Кроме того, интересно было бы проследить, каким образом влияют друг на друга цифровизация образовательной среды, качество языкового обучения и развитие эмоциональной компетентности в современных условиях обучения иностранному языку.

Под эмоциональным интеллектом понимается способность индивида функционировать в согласии с собственным внутренним миром чувств и желаний, понимать отношения личности через эмоции, умение оперировать эмоциональной сферой и успешно контролировать эмоции, опираясь на аналитические знания. Эмоциональный интеллект – это набор эмоциональных, личностных и социальных навыков, которые влияют на способность человека эффективно справляться с вызовами и требованиями окружающего мира. Широкий набор подобных навыков и свойств может быть приобретен в процессе целенаправленного обучения.

Эмоциональный интеллект является составляющей эмоциональной компетенции. Эмоциональная компетенция представляет собой способность обрабатывать информацию, получаемую из эмоций, определять их ценность и устанавливать связь между ними, а также мыслить и принимать решения исходя из полученного эмоционального опыта [11]. Эмоциональная компетенция – это эмоциональная грамотность [7], умение различать эмоции других людей, выражать собственные и оперировать ими [13], осознание и управление эмоциями [12]. Эмоциональное мышление обрабатывает полученную эмоциональную информацию, эмоциональная компетенция позволяет ее систематизировать. Эмоциональный интеллект, будучи инструментом, выполняет двойную функцию, так как служит для извлечения эмоционального знания и для его последующего практического применения.

Уровень эмоциональной развитости человека уходит корнями в его детство. Чем больше эмоционального тепла получал ребенок от семьи и окружающих, тем шире и сложнее его эмоциональный мир. Доказано, что дети, лишенные возможности полноценного эмоционального взаимодействия со взрослыми, отстают в физическом, умственном и эмоциональном развитии, проявляя пассивность, безразличие и невладение навыками коммуникации с другими людьми.

Эмоциональная компетенция развивается в процессе онтогенеза и является результатом обучения и присвоения социального опыта.

Целенаправленное развитие эмоциональной компетенции связано с вариативностью поведения. Расширение границ вариативности возможно за счет отказа от стереотипизации поведения. Таким образом, развитие эмоциональной компетенции состоит

в развитии индивидуального стиля поведения, сбалансированного в рамках оптимальности, адаптивности комфорта и продуктивности [10].

Типичными признаками, указывающими на низкий уровень развития эмоционального интеллекта, являются низкая стрессоустойчивость, неумение распознать свои собственные эмоции, высокая степень обидчивости, сосредоточенность на собственных ошибках, подавление негативных эмоций, стремление переложить вину на других людей, неспособность установить личные границы, агрессивность и т.д.

Частью эмоционального интеллекта является быстрая личностная адаптация. Она заключается в способности предвосхищать и быстро реагировать на изменяющиеся условия, применять упреждающий подход к изменениям, предугадывать проблемы и определять благоприятные стечения обстоятельств для их решения. Эмоциональный интеллект включает готовность пересматривать сложившиеся представления и адаптироваться к изменениям.

Индивидуумы с твердыми устоявшимися убеждениями менее склонны к адаптации. Тем не менее, способности мозга к развитию неисчерпаемы. Создавая новые нейронные пути, мы приобретаем новые навыки и умения.

Информация, поступающая через органы чувств, сначала проходит через лимбическую систему мозга, на данной первичной и примитивной стадии генерируются эмоции. Таким образом, первая реакция на определенное событие, как правило, выражается в эмоциях. Она является поспешной и нерациональной, так как информация еще не подверглась рациональной обработке мозгом. Люди, обладающие более высоким уровнем эмоционального интеллекта, способны создавать более прочные связи между эмоциональным и рациональным центрами мозга. Осознанное применение определенных техник, направленных на развитие эмоциональных навыков, позволяет человеку более компетентно и осмысленно реагировать на непривычные или проблематичные ситуации.

Развитие эмоциональной компетенции играет ключевую роль в подготовке будущих педагогов или специалистов в области межкультурной коммуникации, так как их основной задачей в будущей профессиональной деятельности будет правильное и грамотное взаимодействие с окружающими. Более того, учитель должен не

просто найти эффективный способ выхода из сложившейся конфликтной ситуации, но и помочь обучающимся овладеть навыками успешного взаимодействия с окружающими [14].

Неотъемлемой частью языкового обучения является коммуникация. Невозможно полноценно выучить другой язык, не прибегая к его непосредственному использованию в живом общении, будь то реальная жизненная коммуникативная ситуация, с участием носителя или пользователя изучаемого языка, или искусственно созданная коммуникативная задача в рамках учебного занятия. Так или иначе, эмоциональный аспект будет обязательно присутствовать в иноязычной коммуникации. Следовательно, именно в языковом обучении целесообразно и необходимо опираться на развитие эмоционального интеллекта и именно в языковом обучении применение комплекса упражнений, включающих эмоциональный компонент, будет приводить к заметным положительным результатам.

Цифровизация учебного процесса, в частности использование виртуальной образовательной среды и взаимодействие с обучающимися в дистанционном режиме, являются современными реалиями жизни. Безусловно, эти факторы не могут не оказывать существенного влияния на обучение. Широкий спектр интернет-материалов для изучения языков и разнообразие упражнений представляются несомненным достоинством онлайн-формата, особенно для развития рецептивных навыков. Однако для успешного и осознанного продуцирования речи необходимо живое взаимодействие собеседников, так как для полного понимания друг друга участниками диалога требуется восприятие как вербальной, так и невербальной составляющей коммуникации.

На продвинутом этапе ведущую роль в обучении языку приобретает коммуникационная практика. Именно навык спонтанного продуцирования речи на любую предложенную тему оценивается как маркер освоенности / неосвоенности иноязычной коммуникативной компетенции выпускником программы бакалавриата по направлению подготовки 45.03.02 «Лингвистика». В шкалу оценивания ответа экзаменуемого на промежуточной и итоговой аттестации по дисциплинам «Практикум по культуре речевого общения (английский язык)» и «Практический курс первого иностранного языка (английский язык)» включается критерий «Интеракция». По данному критерию оценивается умение выпускника

непринужденно вести беседу, естественно реагировать на вопросы или комментарии экзаменационной / аттестационной комиссии, участвуя, таким образом, в создании ситуации, максимально близко имитирующей естественную языковую среду. В данных условиях умение распознавать, контролировать и успешно управлять своими и чужими эмоциями будет иметь определенное значение.

С целью выявления роли эмоционального интеллекта в освоении второго языка и установления того, насколько эффективны практики, развивающие его, в качестве инструмента языкового обучения, а также того, как влияет цифровизация образовательной среды на процесс обучения английскому языку с задействованием эмоциональной стороны обучающихся, был проведен эксперимент, в котором участвовали студенты старших курсов лингвистического факультета Государственного университета просвещения, проходящие обучение по профилю «Иностранные языки и культуры стран изучаемых языков». Эксперимент проводился с тремя группами. В ходе эксперимента предстояло определить роль эмоциональной компетенции в обучении английскому языку на продвинутом уровне и выяснить, как влияет электронная обучающая среда на процесс освоения английского языка старшекурсниками.

Экспериментальная работа велась в течение двух семестров. Группа 1 работала по стандартной программе без применения электронной образовательной среды. Для работы со второй экспериментальной группой в содержание дисциплины «Практикум по культуре речевого общения (английский язык)» были добавлены упражнения, предполагающие акцентирование внимания на развитии эмоциональной компетенции. Данная группа также работала в контактном режиме, без применения электронной обучающей среды. Предложенные упражнения были составлены на основе психологических тренингов, применяемых в компаниях для развития эмоционального интеллекта сотрудников.

Примеры языковых упражнений на развитие эмоционального интеллекта.

Comment on the emotions of the main character (characters) of the short story. What emotions can he or she experience at this or that particular moment? Trace the roots of these emotions. Visualize the physical demonstration of the emotions. (Прокомментируйте эмоции главного героя короткого рассказа. Какие эмоции он или она могут

переживать в тот или иной момент? Проследите их корни. Как могут проявляться эти эмоции?)

Recollect a situation when you were extremely angry with someone. Make an emphatic statement. For example,

An irritated person: “You never do anything I ask you to!”

An emphatic listener: “You are irritated because I haven’t done my job and you had to do it for me”.

(Вспомните ситуацию, когда вы очень злились на кого-то, а затем создайте эмпатическое утверждение. Например:

Раздраженный человек: «Ты никогда не делаешь того, о чем я прошу!»

Эмпатический слушатель: «Ты испытываешь раздражение из-за того, что я не сделал свою работу и тебе пришлось работать за меня».)

Write down all the emotions you have experienced during the day, contemplate on their reasons and recollect how they were expressed. Describe what exactly you felt while having a particular emotion (cold hands, tension, discomfort, pain etc.).

(Запишите, какие эмоции вы испытывали в течение дня. Отметьте их причины и способы проявления (холодные ладони, напряжение, дискомфорт, болевые ощущения и т.д.).)

Select the emotion that you consider to be negative and inappropriate to show. Recollect the situations when you experienced it. What triggered it? What signal did it send to you? What did it make you pay attention to? What will happen if you let yourself show this feeling and experience it fully? How did the emotion help you?

(Выберите эмоцию, которую считаете негативной и пытаетесь спрятать. Вспомните, когда вы ее испытываете. Что спровоцировало эти чувства? О чем они сигнализируют? На что заставляют обратить внимание? Что произойдет, если вы позволите себе испытывать, а иногда и проявлять эту эмоцию? Как она помогает вам?)

Watch an episode of a film with the sound off. Observe the body language of the characters and try to guess what emotions they can be feeling at a particular moment. Do the non-verbal elements help to understand the emotions of the characters? Watch films of different genres and cultures. Analyze the non-verbal aspects in the films.

(Посмотрите фрагмент художественного фильма без звука, наблюдая за жестами, мимикой и расположением в пространстве героев и размышляя, какие эмоции они сейчас испытывают. Помо-

гает ли невербальная информация понимать эмоции персонажей? Сравните фильмы разных жанров и культур. Проанализируйте невербальную составляющую фильма).

Подобные задания были добавлены в содержание курса и регулярно выполнялись студентами.

Третья группа была переведена полностью на онлайн-обучение с использованием цифровой образовательной среды университета [6] и режима видеоконференций. В содержание заданий для группы 3 также были введены упражнения с упором на развитие эмоциональной компетенции, примеры которых приведены выше.

Перед началом эксперимента и после его окончания всем группам были предложены задания, помогающие определить уровень развития рецептивных и продуктивных языковых навыков участников. В качестве продуктивного навыка тестировалась устная речь, так как развитию письменной речи не уделяется особого внимания на данном этапе обучения в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Результаты контрольных тестирований групп до и после проведения эксперимента представлены на диаграммах 1 и 2. Цифры показывают средний балл, полученный за выполнение заданий на аудирование и чтение при тестировании рецептивных языковых навыков и заданий на оценивание устной речи в качестве показателя развития продуктивных навыков. Максимальное количество баллов, которое можно было получить при тестировании, – 100.

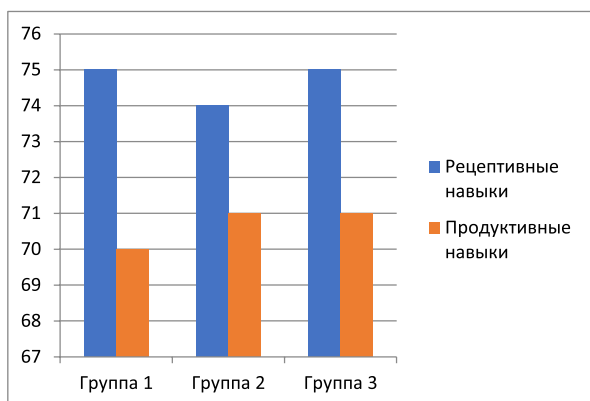


Диаграмма 1. Результаты тестирования уровня развития рецептивных и продуктивных языковых навыков у студентов до проведения эксперимента

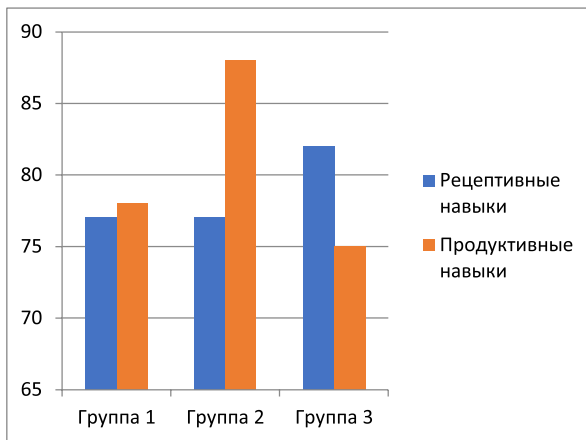


Диаграмма 2. Результаты тестирования уровня развития рецептивных и продуктивных языковых навыков у студентов после проведения эксперимента

Параллельно с тестированием иноязычной коммуникативной компетенции был протестирован уровень развитости у студентов эмоционального интеллекта при помощи теста эмоционального интеллекта Д. В. Люсина (ЭМИн) [4], который находится в открытом доступе в сети Интернет. Перед началом эксперимента тестирование было предложено всем участникам, после его завершения – только тем группам, с которыми велась работа по развитию эмоциональной компетенции.

Тестирования в ходе исследования представили следующую статистику развития языковых навыков обучающихся.

На момент тестирования языковых навыков перед началом эксперимента все студенты получили примерно одинаковое количество баллов за успешно выполненные задания. Следует отметить, что рецептивные навыки у обучающихся были развиты немного лучше (со средними баллами по группам 75, 74, 75 соответственно), чем продуктивные (группа 1 – 70 баллов, группа 2 – 71 балл, группа 3 – 71 балл).

После окончания работы группа 1, которая следовала аудиторному формату занятий и стандартному содержанию программы курса, показала плавный рост в уровне рецептивных навыков (средний балл по тестированию увеличился с 75 до 77) и более

ощутимый успех в развитии говорения (с 70 до 78 баллов). Группа 2, работавшая в офлайн-режиме с внедрением упражнений на развитие эмоционального интеллекта, незначительно повысила компетентность в аудировании и чтении с 74 до 77 баллов, но продемонстрировала значительный положительный скачок в продуктивных навыках – с начального среднего балла 71 по группе до 88 баллов по окончании работы. Группа 3, работавшая полностью в онлайн-формате, показала более яркую динамику в развитии рецептивных умений (75 баллов на начальном этапе и 82 балла после проведения эксперимента), однако не наблюдалось существенного прогресса в устной речи (71 балл в начале работы, 75 баллов – в конце).

Динамика развития навыков более наглядно может быть представлена в виде следующих графиков.

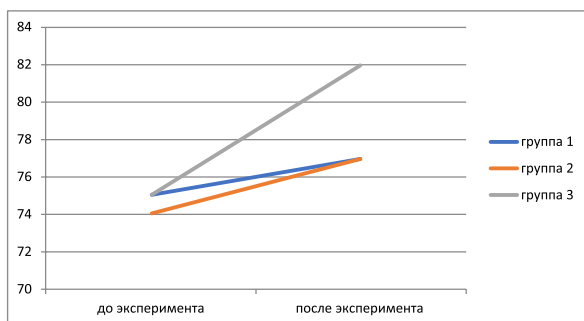


Рисунок 1. График прогресса в рецептивных навыках

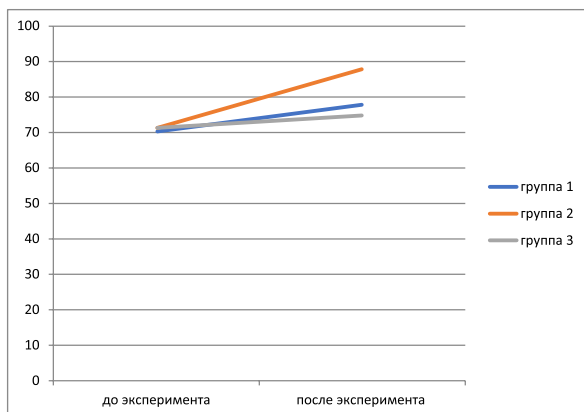


Рисунок 2. График прогресса в продуктивных навыках

При психологическом тестировании только группа 2 продемонстрировала существенный положительный сдвиг в развитии эмоционального интеллекта практически по всем дескрипторам шкалы.

Проанализировав результаты, полученные в ходе экспериментальной работы, можно сказать следующее.

На старшем этапе обучения английскому языку ведущая роль отводится коммуникации. В перечень форм работы, активно используемых на этой ступени, входят дебаты, дискуссии, обсуждения, групповые проекты и исследовательские работы. Студенты часто привлекаются к исполнению роли преподавателя в аудитории с целью усовершенствования методических навыков. Им предлагается оценить ответы товарищей, прокомментировать плюсы и минусы работы друг друга. Все эти формы усовершенствования языковых навыков требуют взаимодействия с окружающими, а следовательно, вовлекают эмоциональный интеллект. Обучение на продвинутом этапе не будет успешным без умения распознавать свои и чужие эмоции, контролировать их, управлять ими. В первую очередь это касается развития продуктивных языковых навыков, в данном исследовании – говорения. Ввиду этого группа 2, с которой велась активная работа по развитию эмоциональной компетенции, показала значительный прогресс в развитии устной речи, что сочеталось с высокими результатами тестирования в развитии эмоционального интеллекта.

Несмотря на то, что группа 3 также занималась по программе с эмоционально ориентированным содержанием, в ней не было такого заметного прогресса в говорении. Причиной может быть их полная отвлеченность от контактной работы. Воссоздать условия реальной живой человеческой коммуникации в условиях дистанционного обучения пока невозможно. Обучение с помощью онлайн-технологий однозначно редуцирует эмоциональный компонент за счет отсутствия межличностного взаимодействия.

В то же время цифровая среда представляет собой кладезь возможностей для развития рецептивных умений, что и подтверждается данным исследованием. Группа 3 продемонстрировала самый существенный положительный сдвиг в развитии навыков восприятия речи на слух и чтения.

В заключение отметим, что развитие эмоциональной компетенции, конечно же, не является единственным универсальным

способом овладения иностранным языком. Однако, будучи одной из основополагающих сторон человеческой натуры, высокий эмоциональный интеллект способствует более успешному освоению коммуникативной деятельности в целом и, в частности, развитию иноязычной коммуникативной компетенции. Ярче это проявляется на более старших этапах обучения, в силу определенной специфики продвинутой стадии обучения. Что касается цифровизации обучения иностранному языку, то, несомненно, новые информационные технологии облегчают процесс доступа к языковым материалам, расширяют спектр возможностей работы с языком, разнообразят способы отработки навыков и умений учащихся, однако фактор человеческого живого общения продолжает играть существенную роль в обучении. Таким образом, комплексное применение всех доступных практик остается самым выгодным методом обучения иностранному языку на сегодняшний день.

Литература

1. *Брегман П.* Эмоциональная смелость. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 304 с.
2. *Гулман Д.* Эмоциональный интеллект. Почему он может значить больше, чем IQ. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2022. – 544 с.
3. *Люсин Д. В.* Современные представления об эмоциональном интеллекте / Социальный интеллект: Теория, измерение, исследования; под ред. Д. В. Люсина, Д. В. Ушакова. – М.: Институт психологии РАН, 2004.
4. Тест эмоционального интеллекта Д. В. Люсина (ЭМИн). <https://testometrika.com/intellectual/test-emotsionalnogo-intellekta-emin-lyusina-d-v> (дата обращения: 02.07.2023).
5. *Шабанов С., Алешина А.* Развиваем эмоциональный интеллект. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2022. – 368 с.
6. Электронная образовательная среда Государственного университета просвещения. <https://eos.guppros.ru> (дата обращения: 02.08.2023).
7. *Andreyeva I. N.* (2006). Emotional intelligence: the misunderstanding leading to «disappearance»? *Psychological magazine*, 1, 28-32.
8. *Bar-On R.* (2006). The Bar-On model of emotional-social intelligence (ESI). *Psicothema*, 18(1), 13-25.
9. *Gardner H.* (1993). *Frames of the mind: The theory of multiple intelligences* 10th Anniversary Edition. New York: Basic Books.
10. *Libina E. V., Libin A. V.* (1998). Styles of response to a stress. *Style of the person: psychological analysis*. М.: Sense.
11. *Maul A.* (2011). The factor structure and cross-test convergence of the Mayer–Salovey–Caruso model of emotional intelligence. *Personality and Individual Differences*, 50(4), 457-463.
12. *Shabanov S., Alyoshina A.* (2014). *Emotional Intelligence. Russian practice*. М.: Mann.

13. *Slepkova V.I., Liet T. De Vries-Geervilet (1997). Development of emotional competence by means of psychological training. Actual problems of crisis psychology. Collection of Scientific Papers, 130-137.*
14. Structural learning. <https://www.structural-learning.com/post/emotional-intelligence> (дата обращения: 15.05.2023).

УДК 165.12; 004.81
DOI 10.17726/phillT.2023.2.2



Социальный характер технологий искусственного интеллекта

Даниелян Наира Владимировна,

*доктор философских наук, доцент,
Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»
Москва, Россия*

vend22@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается трансформация представлений о познавательных возможностях субъекта по отношению к объекту в связи с появлением и развитием технологий искусственного интеллекта. Материалом исследования послужили разработки ученых и инженеров Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники» по созданию систем искусственного интеллекта. Их анализ позволил заключить, что до реализации сильной версии ИИ человечеству пока далеко, так как нужен качественный прорыв в области его материально-технической составляющей. Применяя в ходе рассуждений «моделезависимый реализм» С. Хокинга, автор делает вывод, что целью познания в современной науке становится не описание объективной реальности, а определенная организация ее субъективного восприятия, то есть совершенство познавательных моделей, через которые субъект «схватывает» реальность. Данное предположение полностью подтверждают концепции аутопоэза У. Матураны и Ф. Варелы, а также «кибернетика второго порядка» Х. фон Ферстера. В статье намечается перспектива отхода от постнеклассического научного мышления в современном его понимании, поскольку с развитием технологии искусственного интеллекта происходит «размывание» границ понимания субъективного. Автор подводит итог, что современный мир движется в иной эпистемологической плоскости, где новая научная революция неизбежна.

Ключевые слова: искусственный интеллект; нейронные сети; субъект; объект; «моделезависимый реализм»; эпистемологический конструктивизм; аутопоэз; «кибернетика второго порядка»; познание.

Social Character of Artificial Intelligence Technologies

Danielyan Naira V.,

Doctor of Science (in Philosophy),

Assistant Professor,

*National Research University of Electronic Technology,
Moscow, Russia*

vend22@yandex.ru

Abstract. The article considers modern transformations of the ideas concerning subject's cognitive abilities towards object because of the emergence and development of artificial intelligence (AI) technologies. The developments of scientists and engineers from National Research University of Electronic Technology (Moscow, Russia) in the field of artificial intelligence have been taken as a foundation and material of this research. Their analysis allows making a conclusion that the humanity is rather far from the realization of 'strong artificial intelligence'. We need a qualitative breakthrough in AI material and technological basis for it. Applying 'model-dependent realism' by S. Hawking in the course of the speculations in the article, the author concludes that the purpose of cognition in modern science is not to describe an objective reality, but to organize its subjective perception by some definite way. So, the purpose of cognition is the perfection of cognition models permitting a subject 'to capture' the reality. This idea is completely confirmed by Maturana and Varela's autopoiesis theory and von Foerster's 'second-order cybernetics'. The article drafts some prospects of moving away from post-nonclassical scientific thinking in its current understanding, because the development of AI technologies results in 'blurring' borders of subjectivity in the cognition process. The author concludes that the modern world is moving in another epistemological paradigm where a new scientific revolution is inevitable.

Keywords: artificial intelligence; neuron nets; subject; object; 'model-dependent realism'; epistemological constructivism; autopoiesis theory; 'second-order cybernetics'; cognition.

Цель работы

Сегодня человечество все более погружается в мир созданных им технологий. Нас повсеместно окружают «умные» приложения: умный дом (Smart Home), Интернет вещей (IoT), приложения дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR), всевозможные интеллектуальные приложения, которые способны за нас рисо-

вать, сочинять, решать задачи, заполнять документы, переводить тексты и т.д. В отличие от периода автоматизации производства, когда на смену человеку пришли роботы, им управляемые, сегодня мы находимся на следующем этапе развития: роботы учатся сами управлять собой, вытесняя интеллектуальный труд человека. Под их влиянием наше бытие трансформируется, все больше переходя в сферу «искусственного», подвергая важность и необходимость понимания существования человека сомнению.

Как результат встает закономерный вопрос о том, до какой степени человечеству следует развивать интеллектуальные технологии, способные заместить и вытеснить его.

Целью работы стало исследование достижений в сфере создания искусственного интеллекта с позиции перспективы его превращения в познающий субъект, то есть перехода в иную познавательную плоскость, в которой область когнитивного сместится в сферу неживого. На этом основании проведен эпистемологический анализ традиционных представлений о субъект-объектном взаимодействии, так как сомнения в их несостоятельности все более очевидны ввиду «размывания» границ субъективного под воздействием современных социотехнических систем, что характерно для систем с ИИ.

Материалы и методы исследования

За основу данного исследования были взяты материалы, полученные в работе по созданию систем искусственного интеллекта в Национальном исследовательском университете «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ), которые ведут к полному изменению классической парадигмы субъект-объектного взаимодействия.

Начнем с того, что сегодня существуют две концепции искусственного интеллекта (ИИ): сильная и слабая. «Сторонники слабой версии теории ИИ считают, что соответствующим образом запрограммированный компьютер может только моделировать мыслительные акты человека, в то время как сторонники сильной версии допускают, что запрограммированные компьютерные устройства действительно мыслят и в силу этого могут находиться в соответствующих когнитивных состояниях» [1, с. 669]. На II конгрессе РОИФН в 2020 году данный тезис вызвал бурные споры со сторо-

ны присутствовавших специалистов в сфере создания ИИ, однако факт остается фактом. Данное разграничение вполне имеет место быть, так как то, с чем мы имеем дело сегодня: голосовые помощники, системы генерации изображений, медицинские системы диагностики, чат-боты и др., – основано на слабом ИИ, поскольку пытается программными методами и математическими моделями воспроизвести мыслительные процессы. Сегодня это возможно посредством искусственных нейронных сетей.

За их основу берется функциональная биологическая модель работы нейрона Маккалока-Питтса 1943 года и ее математическое представление, когда на вход поступают несколько сигналов с весами от -1 до $+1$, далее они суммируются в сумматоре, и если итоговое значение превышает некий порог, то происходит активация элемента.

Все просто, с одной стороны, однако возникает ряд вопросов по подбору весов и порогов для каждого нейрона, а также по архитектуре сети.

Ученые НИУ МИЭТ успешно решают данные проблемы, так как ими созданы крупные разработки в области еще достаточно молодой и активно развивающейся области компьютерного зрения, целью которого является распознавание, идентификация и обнаружение объектов, генерация и восстановление изображений. С информацией об их достижениях можно ознакомиться на сайте МИЭТ miet.ru.

Яркий пример подобной системы, активной сегодня, – Kandinsky 2.2. bot, который генерирует и смешивает изображения, а также создает их вариации.

Кафедрой проектирования и конструирования интегральных микросхем НИУ МИЭТ (ПКИМС) созданы первые аналоги искусственных нейронных сетей на основе ПЛИС (программируемых логических интегральных схем). Таким образом, происходит сдвиг от программного продукта к физическому моделированию искусственной нейросети в виде интегральной микросхемы, что является качественно новым уровнем в создании систем ИИ. Ученые МИЭТ выделяют здесь ряд проблем, связанных с электронной компонентной базой, то есть начинкой искусственного нейрона, которая будет функционировать аналогично естественному.

Используя гипотетико-дедуктивный метод, где гипотеза – возможность создания сильной версии ИИ на текущем уровне раз-

вития технологий, из изложенных выше теоретических предпосылок и имеющихся практических результатов можно заключить, что до реализации сильной версии ИИ человечеству пока далеко, так как нужен качественный прорыв в области его материально-технической реализации. Второй аспект, который будет рассмотрен далее и пока не поддается для реализации в системах ИИ, – имитация сознания человека с его возможностью выхода в сферу металингвистики.

Таким образом, на настоящий момент не вызывает сомнения телесность субъекта познания. Только человек в качестве субъекта обладает индивидуализированной психикой, имеет определенные личностные предпочтения, то есть те особенности, которые отличают его от других субъектов. Он включен в социокультурную среду, так как его деятельность происходит в определенном месте в определенный момент времени. Он вступает в коммуникативные и иные отношения с людьми, то есть «существует только в единстве Я, межчеловеческих (межсубъектных) взаимоотношений и познавательной и реальной активности» [2, с. 155]. Результатом является взаимодействие субъективированных позиций, которые обладают своеобразием и специфичностью. Как результат, процесс познания будет сопряжен с достижением консенсуса участниками дискурса, в противном случае ни одна парадигма не возникла бы в современном мире. В итоге в познании на первое место все чаще выходят коммуникативные практики, которые в свою очередь влияют на взаимодействие участников познавательного процесса, то есть представляют из себя циклический процесс, рассмотренный далее в этой статье в концепции «кибернетики второго порядка» Х. фон Ферстера.

А. Ю. Антоновский справедливо отмечает, что «каждая коммуникация решает проблему своей рациональности. Это рациональность, во-первых, выбора той или иной формы экспрессии или проявления коммуникации. Во-вторых, это рациональность той или иной интерпретации этой знаковой манифестации на предмет выявления внутренних интенций или мотивов. И наконец, в-третьих, это рациональность понимания, то есть сравнения и понимания различности того, что сказано, и того, для чего это сказано» [3, с. 116]. Таким образом, в каждой области познания устанавливается и постоянно трансформируется своя форма достижения консенсуса, удовлетворяющая указанным критериям. Без него не

может возникнуть новое знание об объекте как результат познавательного процесса. Все эти рассуждения приводят к мысли, что в современном мире познавательный процесс сопряжен с конструированием знания и познания в результате некоторого социального действия со стороны участников процесса коммуникации – людей.

Далее воспользуемся методом доказательства от противного. Если в свете изложенных выше рассуждений полагать, что субъектом познания является человек или коллектив, то насколько это правомерно в свете совмещения субъекта и объекта в познавательном акте, происходящем с применением технологий?

Чтобы ответить на данный вопрос, за основу рассуждений возьмем «моделезависимый реализм» С. Хокинга. Субъект-объектное взаимодействие подвергается им анализу в описании примера с запретом властями итальянского города Монца содержать золотых рыбок в шаровидных аквариумах [4, с. 45]. Мы похожи на таких рыбок, так как наблюдаем реальность, исходя из имеющихся моделей реальности, предоставляемых нам наукой. Нас продолжает волновать вопрос о достоверности знаний об объекте, получаемых субъектом в процессе познания.

Со становлением постнеклассической науки, для которой характерны компьютеризация науки, радикальное изменение средств познания, интенсификация применения достижений науки в различных областях деятельности человека, произошел переход к проблемно-ориентированным исследованиям, нацеленным на изучение сложных системных объектов, «характеризующихся открытостью и саморазвитием» [5, с. 628]. Предпосылкой для такого видения является тот факт, что глобальный эволюционный процесс можно рассматривать как целостное модельное представление, что и продемонстрировано С. Хокингом в М-теории. За ее основу берется переход от принятого в квантовой физике подхода к построению реальности, исходя из точечной элементарной частицы, к струне. Ее универсальность заключается в следующем: множество частиц, предел делимости которых неизвестен, заменяется на фундаментальную струну, через которую их все можно вывести.

Таким образом, «моделезависимый реализм» С. Хокинга предлагается предложить новую стратегию моделирования картины мира: рассматривать наши представления о протекающих явлениях как вероятностную модель возможных событий. За точку отсчета можно принять любую модель, которая приблизит нас наиболее

вероятно к желаемому результату. Так как мы находимся в аквариуме нашего мышления, то можно полагать, что «реальный мир управляется не детерминистическими законами и не абсолютной случайностью. В промежуточном описании физические законы приводят к новой форме познаваемости, выражаемой несводимыми вероятностными представлениями» [1, с. 9].

Если обратиться к научным революциям, которые, по В. С. Степину, вели к появлению новых типов научной рациональности с изменением характера субъект-объектного взаимодействия, то можно заметить, что наши знания тем более точны, чем совершеннее строимые познавательные модели, через которые мы «схватываем» реальность, что полностью соответствует приведенным выше рассуждениям [5]. Таким образом, в современном мире познавательный процесс сопряжен с конструированием знания и познания в результате некоторого социального действия. При этом субъект познания понимается как конструирующее начало воспринимаемой им объективной реальности в определенных социальных условиях, то есть имеет место акт социального конструирования.

Как отмечает В. А. Лекторский, «сегодня стал очень популярным эпистемологический конструктивизм, согласно которому знания в подлинном смысле слова не существует, ибо то, что кажется реальными объектами, на самом деле не что иное, как конструкции нашего сознания» [6, с. 22]. В качестве примера можно привести теорию личностных конструктов Дж. Келли [7, с. 1-29]. Он полагает, что познание – это активный процесс конструктивной деятельности субъекта. Цель познания при таком подходе – не описать объективную реальность, а определенным образом организовать ее субъективное восприятие.

Далее рассмотрим формально-рациональные модели, которые строятся посредством абстракции и идеализации. Любая такая модель является результатом конструктивной практики субъекта, поскольку в ней им сохраняются только существенные свойства познаваемого объекта, а второстепенные элиминируются. Познавательный процесс основан на переносе знания с модели на объект и в противоположном направлении. Очевидно, что данный процесс сопровождается описанием, то есть включает определенные языковые «трафареты» в виде формул, гипотез, терминов и так далее, через которые субъект осуществляет проверку истинности полученных знаний.

Для того чтобы данные языковые построения приобрели смысл, то есть стали рациональными для субъекта, они должны быть проверены в ходе построения диалога как формы взаимодействия равнозначных и равноправных сознаний участников коммуникации. Конструирование познавательной модели при таком подходе происходит при обмене участниками коммуникации не словами, а смыслами. Следовательно, незавершенность становится отличительной чертой как диалога, так и всего познавательного процесса в целом.

Можно полагать, что конструируемая познавательная модель характеризуется не только определенным культурным контекстом, поскольку существует здесь и сейчас, но ей присущ некий символизм, имеющий значимость для субъекта, вступающего в данный диалог, независимо от его временной и культурной составляющей. Итог культурного диалога – некоторый текст, который вносит в познание незавершенность, транслируя модель описываемой им реальности. Он состоит из знаков, представляющих собой семиотическое единство, то есть является культурным конструктом или «трафаретом» восприятия объективного. Для разных субъектов один и тот же текст вызывает разные вопросы. Культурная составляющая позволяет в большей или меньшей степени проникнуть в контекст, что в итоге побуждает к творческому отношению в достраивании объективного и объективированного, транслируемого в данном тексте. Все это ведет к необходимости ввести представление о металингвистике как составляющей дискурса, так как не все аспекты познания и понимания человек способен отразить в языке.

Согласно Д. Дэвидсону, существует необходимость «развернуть язык на себя» для понимания металингвистического дискурса [8]. Исходным инструментом здесь является высказывание. Оно демонстрирует способы использования языка для выражения посредством него объектов реального мира и их свойств. Ученые пока не пришли к пониманию, каким образом происходит языковая саморефлексия. Так, Х. Капеллен и Э. Лепор полагают, что на сегодняшний день по данному вопросу имеется значительное количество теорий, которые не дают однозначного ответа, но объясняют его косвенным образом. Например, это могут быть имена, местоимения, определения, иллюстрации и другие способы, которые ведут к «разворачиванию» языка на себя [9, с. 5]. Они явля-

ются своего рода механизмами, посредством которых происходит соединения языка с миром.

В качестве живого металингвистического дискурса, пронизывающего текст, и в подтверждение размещенных выше рассуждений хотелось бы привести отрывок из романа Ф. М. Достоевского «Идиот». В дискурсивной и наполненной смыслом сцене Федор Михайлович в реплике князя Мышкина описывает, как князь увидел картину в доме Рогожина: «На картине этой изображен Христос, только что снятый с креста. Мне кажется, живописцы обыкновенно повадились изображать Христа, и на кресте, и снятого со креста, все еще с оттенком необыкновенной красоты в лице; эту красоту они ищут сохранить ему даже при самых страшных муках. В картине же Рогожина о красоте и слова нет; это в полном виде труп человека, вынесшего бесконечные муки еще до креста, раны, истязания, битье от стражи, битье от народа, когда он нес на себе крест и упал под крестом, и, наконец, крестную муку в продолжение шести часов...» [10, с. 423]. В этой реплике важен не текст, а создаваемый автором образ. Имеет место языковая саморефлексия, когда язык не только разворачивается на себя, но и соединяет материальное, то есть земное, и духовное. Посыл Достоевского читается между строк, он носит металингвистический характер в силу своей образности, согласно которому экзистенция человека соотносится с его духовной составляющей, а не с физическим, земным бытием.

Очевидно, что ни одно устройство с ИИ, имеющееся сейчас в распоряжении человека, не способно справиться с трактовкой и передачей подобной образности. Языковая саморефлексия выглядит не поддающейся программированию до тех пор, пока не появится сознание в искусственном устройстве, и это тоже ориентир для разработчиков искусственных интеллектуальных систем.

Из теории интерпретативного конструктивизма Х. Ленка, согласно которой необходимо ориентироваться на смысл, скрытый в знаках текста [11], а не на внешние смыслы, следует, что язык является лишь внешней стороной медали, о чем и свидетельствует приведенная выше реплика из романа Ф. М. Достоевского. Мы не можем «схватить» реальность посредством языка, поскольку каждый знак несет в себе дополнительный, скрытый смысл. Очевидно, что обращение не только к миру, но и к субъекту наполнено интерпретативным смыслом и его расшифровка представляет собой

сложный процесс, приводящий к конструированию некоторой модели, зачастую способной раскрыть свой потенциал только в ходе дискурсивной практики.

Далее для продолжения и подтверждения этой мысли обратимся к пониманию языка в «Логико-философском трактате» Л. Витгенштейна. Следует отметить, что язык им понимается несколько иным способом: «Границы моего языка суть границы моего мира (5.6)» [12, с. 101]. Что же тогда остается за пределами и какая роль отводится воображению, интуиции? Можно ли в данном случае говорить о конструировании субъектом смыслов и их интерпретации? По Витгенштейну, область субъективного смещается в символично-знаковое поле, за пределами которого ничего нет: «Субъект не принадлежит миру; скорее он – предел мира» (5.632) [12, с. 102]. Следовательно, окончательные «конституенты» мира – объекты, о которых субъект может сказать. То, о чем сказано быть не может, относится к сфере невыразимого.

Что касается внутренней логики языка, то она сводится к пониманию Витгенштейном высказывания о мире в виде предложения: «Только предложение имеет смысл (3.3); предложение – образ действительности (4.01)» [12, с. 27, 37]. Оно показывает форму мышления, но не может быть выражено объективированно. Таким образом, металингвистическая модель предстает в виде интерпретации смыслов посредством логики, что во многом противоречит модели, выстраиваемой в понимании образности у Достоевского.

Все эти рассуждения приводят нас к мысли о том, что в результате построения конструкций в интерпретации окружающего мира знание не может быть единственным в своем роде. Оно представляет собой итог некой субъективной интерпретации, обладающей вариативностью смыслов, но всегда выступающей как связь конструируемой модели с миром посредством языка.

Может ли воспроизвести все эти смыслы искусственный интеллект? Наблюдения и размышления автора над применением технологий дополненной реальности (AR) в познавательной деятельности в некоторой степени являются ответом на данный вопрос. Например, Google-переводчик, которым активно пользуются на занятиях иностранные студенты, испытывающие трудности в знании как русского, так и английского языка (обычно занятия по социально-гуманитарным предметам ведутся автором в таких группах на двух языках, русском и английском). Как правило, пре-

подавателем предлагается им текстовая информация в виде записей или презентации, они устанавливают соответствующее приложение, наводят телефон на объект и получают перевод на свой родной язык. Как известно, функционирование данной системы основано на применении нейронного машинного перевода как системы ИИ.

В некоторых университетах мира на лекциях используются Google-очки, которые иллюстрируют и оживляют материал, читаемый преподавателем. Согласно презентации «Возможности приложений дополненной реальности в образовании», «приложение WordLens Translator в режиме реального времени показывает перевод надписи на экране. Устанавливается на Google Glass» [13, с. 29]. Оно также основано на технологии ИИ.

Все эти примеры свидетельствуют о том, что имеет место значительный технологический прогресс, который оставляет за субъектом традиционную роль осуществляющего познавательный процесс, но стирают грань между субъектом, средствами познания и объектом, поскольку совмещают их в едином цикле вследствие отсутствия необходимости в посреднике между пользователем и компьютерным устройством. Не следует забывать, что системы ИИ способны обучаться, чему есть много свидетельств в современном мире, таких как ChatGPT, игровой искусственный интеллект и др.

Однако такой вид систем пока не способен проникнуть в суть интерпретации, «схватить» и отразить все грани и особенности сферы металингвистики. Металингвистические построения, как конструкты нашего сознания, во многом возникают под влиянием коммуникативно-дискурсивной практики, чего лишены современные системы ИИ. Такой вид языковых построений и воспроизведения смыслов является целью их дальнейшего развития, когда речь все более пойдет о создании «сильного» ИИ.

Результаты исследования

Основным результатом проведенного исследования стало понимание, что в настоящее время наблюдается трансформация когнитивных структур и логических оснований субъекта познания, сложившихся в предыдущие исторические периоды, что требует новых подходов к пониманию основ процесса познания.

Данный вывод подтверждают следующие концепции представителей радикального конструктивизма.

Чилийские нейробиологи У. Матурана и Ф. Варела в концепции аутопоэза отмечают, что поскольку мозг человека является операционально-замкнутой, самовоспроизводящейся системой, то «каждый акт познания рождает некий мир» [14, с. 26]. Таким образом, «рационально возможен только сконструированный наблюдателем мир» [15, с. 59].

Согласно «кибернетике второго порядка» Х. фон Ферстера, каждый человек наблюдает и конструирует окружающий мир в силу своих конструктивных способностей. Следовательно, истина, полученная в процессе познания, индивидуальна. По его мнению, отношения между познающим и познаваемым приобретают циклический характер [16]. Имеет место «гибридная реальность», основанная на взаимодействии живых объектов, социальных построений, теоретических конструкций и т.д. При этом модель познаваемого мира строится только на аспектах, релевантных целям познающего субъекта, который не заботится о характере и структуре познаваемой модели, а только о компенсации отклонений от цели познания. Для систем ИИ данная концепция является основополагающей, так как о коммуникативном взаимодействии и достижении консенсуса субъектами познания более речи идти не может. Таким образом, приобретает актуальность концепция, описанная Э. Агацци, в которой полагается, что субъект – «детектор, или фиксатор, различных аспектов реальности» [17, с. 115].

Социальный характер технологий ИИ подразумевает осмысление роли социокультурной составляющей в научно-технической деятельности, при этом, как было установлено в данной статье, субъект познания понимается конструирующим началом воспринимаемой им объективной реальности в определенных социальных условиях, то есть имеет место акт социального конструирования. Данный термин принадлежит исследователям в теории СТС (социальных технологий) [18], которые предлагают концепции, полезные для анализа текущих научно-технических разработок с точки зрения их социального эффекта, а также скрытого воздействия. Технологии понимаются ими не как чистый продукт изобретательской деятельности или применения науки, а как некий «конструкт» социальных акторов. Они превращаются в средство производства, а также становятся его итоговым изделием.

Технологии ИИ требуют от реализующего наличия целого ряда навыков, умений, заданного деятельностного шаблона, а с другой стороны – творческого подхода, гибкости мышления, инновативности, изобретательности. Согласно Н. В. Даниелян, «на следующем этапе искусственный интеллект (изначально разработанный и запрограммированный инженерами) перестает быть полностью подконтрольным своим создателям, так как этот интеллект воспроизводит модели мышления человеческого существа» [19, с. 84]. Это ведет к пониманию, что границы субъекта познания размываются, так как происходит стирание разграничения между естественным и искусственным.

Как результат, современный мир движется в иной эпистемологической плоскости, где новая научная революция неизбежна. По своим кардинальным последствиям она способна превзойти все предыдущие этапы, так как базируется на коренном изменении традиционных представлений о субъекте – уже не только человеку, коллективе, но компьютеризированном устройстве, наделенном способностью мыслить.

Литература

1. Меркулов И. П. Мышление с точки зрения компьютерной эпистемологии // Субъект, познание, деятельность: К 70-летию В. А. Лекторского. – М.: Канон+ ОИ «Реабилитация», 2002. – С. 664-683. (*Merkulov I. P. Thinking in Terms of Computer Epistemology // Subject, Cognition, Activity: To the 70th Anniversary of V. A. Lektorsky. – M.: Kanon+ OI «Reabilitaciya», 2002. – P. 664-683.*)
2. Lenk H. Grasping Reality: An Interpretation-Realistic Epistemology. – Singapore: Scientific Publishing Company, 2003. – 282 p.
3. Антоновский А. Ю. Социальная теория о системно-коммуникативном понятии рационального // Эпистемология сегодня. Идеи, проблемы, дискуссии: монография; под ред. чл.-корр. РАН И. Т. Касавина, Н. Н. Ворониной. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета им. Н. И. Лобачевского, 2018. – С. 111-116. (*Antonovsky A. Yu. Social Theory about System-Communicative Concept of Rational // Epistemology Today. Ideas, Problems, Discussions: Monograph; ed. Corresponding Member RAS I. T. Kasavin, N. N. Voronina. – N. Novgorod: Izd-vo Nizhegorodskogo gosuniversiteta im. N. I. Lobachevskogo, 2018. – P. 111-116.*)
4. Хокинг С., Млодинов Л. Высший замысел. Пер. с англ. М. Кононова. – СПб.: Амфора, 2012. – 208 с. (*Hawking S., Mlodinow L. The Grand Design. – Spb.: Amfora, 2012. – 208 p.*)
5. Степин В. С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 744 с. (*Stepin V. S. Theoretical Knowledge. – M.: Progress-Tradicija, 2003. – 744 p.*)

6. *Лекторский В. А.* Трансформация эпистемологии: новая жизнь старых проблем // Эпистемология: перспективы развития; отв. ред. В. А. Лекторский. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2012. – С. 5-49. (*Lektorskiy V. A.* Transformation of Epistemology: New Life of Old Problems // Epistemology: Prospects of Development; ed. V. A. Lektorskiy. – М.: Kanon+ ROOI «Reabilitaciya», 2012. – P. 5-49.)
7. *Kelly G.* A brief introduction to personal construct theory // Bannister D. (ed.) Perspectives in personal construct theory. – London, New York: Academic Press, 1970. – P. 1-29.
8. *Davidson D.* Inquiries into Truth and Interpretation. – Oxford: Oxford University Press, 2001. – 320 p.
9. *Cappelen H., Lepore E.* Language Turned on Itself. – Oxford: Oxford University Press, 2010. – 169 p.
10. *Достоевский Ф. М.* Идиот. – М.: ЭКСМО-ПРЕСС, 1998. – 640 с. (*Dostoevsky F. M.* Idiot. – М.: EKSMO-PRESS, 1998. – 640 p.)
11. *Lenk H.* Zu einem methodologischen Inrerpretationskonstruktionismus / *H. Lenk* // Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie. – Wiesbaden, 1992. – Vol. 22, No. 2. – S. 283-301.
12. *Витгенштейн Л.* Логико-философский трактат. Пер. с нем. – М.: Издательство АСТ, 2018. – 160 с. (*Wittgenstein L.* Tractatus logico-philosophicus. – М.: Izdatel'stvo AST, 2018. – 160 p.)
13. *Зильберман Н. Н., Сербина В. А.* Возможности приложений дополненной реальности в образовании // Открытое и дистанционное образование. – 2014. – № 4 (56). – С. 28-33. (*Zilberman N. N., Serbina V. A.* Opportunities of VR Applications in Education // Otkrytoe i distancionnoe obrazovanie. – 2014. – № 4 (56). – P. 28-33.)
14. *Матурана У., Варела Ф.* Дерево познания: Биологические корни человеческого понимания. Пер. с нем. Ю. А. Данилова. – М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2019. – 316 с. (*Maturana H., Varela F.* The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding. – М.: URSS: LENAND, 2019. – 316 p.)
15. *Даниелян Н. В.* Научная рациональность и конструктивизм. – М.: МИЭТ, 2014. – 100 с. (*Danielyan N. V.* Scientific Rationality and Constructivism. – М.: MIET, 2010. – 100 p.)
16. *Foerster H. von* Cybernetics by Cybernetics. – Minneapolis, Minnesota: Future Systems, 1996. – 210 p.
17. *Агацци Э.* Научная объективность и ее контексты. Пер. с англ. Д. Г. Лахути. – М.: Прогресс-Традиция, 2017. – 688 с. (*Agazzi E.* Scientific Objectivity and Its Contexts. – М.: Progress-Tradicija, 2017. – 688 p.)
18. Эпистемология сегодня: Идеи, проблемы, дискуссии: монография; под ред. чл.-корр. РАН И. Т. Касавина, Н. Н. Ворониной. – Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н. И. Лобачевского, 2018. – 413 с. (Epistemology Today: Ideas, Problems, Discussions: Monograph; ed. Corresponding Member RAS I. T. Kasavin, N. N. Voronina. – N. Novgorod: Izd-vo Nizhegorodskogo gosuniversiteta im. N. I. Lobachevskogo, 2018. – 413 p.)

19. Даниелян Н. В. Философские основания компьютерной лингвистики // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2022. – № 4 (36). – С. 83-89. (*Danielyan N. V. Philosophical Foundations of Computer Linguistics // Ekonomicheskie i social'no-gumanitarnye issledovaniya. – 2022. – № 4 (36). – P. 83-89.*)

УДК 167.5

DOI 10.17726/phillT.2023.2.3



Искусственный интеллект и эмоции

Корсакова-Крейн Марина Николаевна,

*преподаватель, Университет Туро, Лэндер-колледж для женщин
227 Запад, 60-я улица, Нью Йорк, 10023, США*

mnkors@gmail.com

Аннотация. Развитие разума идет по пути биологической эволюции в сторону накопления и передачи информации со все возрастающей эффективностью. Помимо когнитивных констант речи (Солнцев, 1974), которые значительно улучшили передачу информации, люди создали вычислительные устройства, от абакуса до квантового компьютера. Возможности вычислительных машин из тех, что относят к категории искусственного интеллекта, развиваются со стремительной скоростью. Однако на современной стадии у искусственного интеллекта (ИИ) отсутствует модуль эмоций, и это делает ИИ принципиально отличным от человеческого интеллекта, так как жизнь разума у людей не может быть отделена от их чувств (Damasio, 2010; Panksepp, 1997). Само сознание формируется с помощью сенсорных и двигательных систем, то есть оно воплощено (Foglia & Wilson, 2013), что означает, что наша психическая жизнь неотделима от нашего сенсорно-двигательного опыта (Wellsby & Pexman, 2014). Эволюционно наш разум опирается на древние механизмы выживания, которые влияют на наши решения и выбор. Отсюда, например, вопрос, будет ли выбор Искусственного Интеллекта всегда благоприятен для человечества.

Ключевые слова: эмоции; искусственный интеллект; воплощенное сознание; музыкальная психология; тональное пространство; феноменальная тональная гравитация.

Artificial Intelligence and Emotions

Korsakova-Krein Marina Nikolaevna,

*Lecturer, Touro University, Lander College for Women,
227 West 60th Street, New York, 10023, USA*

mnkors@gmail.com

Abstract. The development of the mind follows the path of biological evolution towards the accumulation and transmission of information with increasing efficiency. In addition to the cognitive constants of speech (Solntsev, 1974), which greatly improved the transmission of information, people have created computing devices, from the abacus to the quantum computer. The capabilities of computers classified as artificial intelligence are developing at a rapid pace. However, at the present stage, artificial intelligence (AI) lacks an emotion module, and this makes AI fundamentally different from human intelligence, since the life of the mind in humans cannot be separated from their feelings (Damasio, 2010; Panksepp, 1997). Consciousness itself is formed through the sensory and motor systems, that is, it is embodied (Foglia & Wilson, 2013), which means that our mental life is inseparable from our sensory-motor experience (Wellsby & Pexman, 2014). Evolutionarily, our minds rely on ancient survival mechanisms that influence our decisions and choices. Hence, for example, the question whether the choice of Artificial Intelligence will always be favorable for humanity.

Keywords: emotions; artificial intelligence; embodied consciousness; music psychology; tonal space; phenomenal tonal gravity.

Эмоции являются колыбелью человеческого сознания (Panksepp, 2005, 1998a). Выживание живых организмов зависит от их способности отзываться на сенсорную информацию, будь то бинарная протоэмоциональная реакция инфузории туфельки (у которой нет нервной системы) или восприимчивость сложного человеческого организма. Например, чувство страха вызывает у нас каскад реакций: от прекогнитивного включения вегетативной нервной системы, гомеостатических регулировок, активации двигательной системы вплоть до моральных рассуждений, задействующих высшие когнитивные функции. Эволюционные психологи определяют эмоции как программы высшего порядка (Tooby & Cosmides, 2008), которые координируют и синхронизируют все виды поведения живых организмов. Основные эмоциональные реакции на окружающую среду типичны и биологически детерминированы, что объясняется их ценностью для выживания. Первичной задачей всех сенсорных систем была регистрация внешнего движения (Oteiza & Baldwin, 2021; Winkler & Czigler, 2012); когда компоненты этих систем выходят из строя, жизнь организма оказывается под угрозой. Например, врожденная нечувствительность к боли чрезвычайно опасна для выживания ребенка (Zhang et al.,

2016). Если сенсорная система (например, зрение) не активизирована в особо чувствительный период раннего развития, то может произойти ее повреждение, а то и потеря функции этой системы (Hensch, 2016; Hubel & Wiesel, 1970).

Наряду с накоплением биологических инструментов выживания, эволюция создала человеческий разум, способный к абстрактным и сложным рассуждениям. Но даже когда люди задумываются об умозрительных идеях (возраст Вселенной, физические константы), их интеллект неотделим от их чувств (Damasio, 2010): все наши мысли и поступки окрашены «отношением», то есть эмоциями. Нейрофизиологическим центром эмоциональных реакций является лимбическая система. Окончательное определение всех составляющих лимбической системы все еще в работе, хотя некоторые структуры неизменно присутствуют во всех существующих моделях. Основными среди них являются гиппокамп (обучение и память), гипоталамус (гомеостатическая регуляция), миндалевидное тело (беспокойство) и околосредовое серое тело (защитное поведение, передача боли). Эти подкорковые структуры поддерживают возникновение эмоциональных состояний, влияющих на наше сознание и обеспечивающих ощущение себя, то есть самоощущение. Нейропсихология себя была сформулирована в двух влиятельных моделях: «сущностное Я» (Panksepp, 1998b) и «прото-Я» (Damasio, 1999). Обе модели подразумевают, что сознание воплощено (Damasio, 1994, 1996; Foglia & Wilson, 2013; Lakoff & Johnson, 1999; Merleau-Ponty, 1945/2012; Varela et al., 1991), то есть что наши сенсорные и двигательная системы тесно переплетены с нашей психической жизнью и что наши мысли и воображение формируются благодаря нашему активному взаимодействию с окружающей средой (Aziz-Zadeh & Ivry, 2009).

Биологически детерминированные, то есть базовые, эмоции объясняются на сегодня набором из семи эмоциональных систем (Panksepp & Biven, 2012; Davis & Montag, 2019), каждая из которых имеет свою четко определенную ценность для выживания и самого человека и его потомства: СТРАХ, ГНЕВ, ПОИСК / ОБУЧЕНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛЕЧЕНИЕ, ЗАБОТА / ВОСПИТАНИЕ, ПАНИКА, ИГРА. Среди этих систем две могут показаться неожиданными: ПОИСК / ОБУЧЕНИЕ и ИГРА. Мы биологически «настроены» на поиск питания, укрытия, друзей, партнера. Любопытство и жажда познания встроены в наш мозг самой эволюцией,

и эту особенность легко можно наблюдать в поведении детей. Мы любопытны по замыслу природы. Что касается системы ИГРА, то для детей игры и соревнования необходимы, чтобы вырасти в психологически здоровых взрослых. Именно в играх дети приобретают физическую ловкость и сноровку и обучаются принципам общения с другими человеческими существами (Colliver et al., 2022). Потребность в ИГРЕ не покидает нас со взрослением. Именно этой потребностью можно объяснить огромные материальные вложения, направляемые людьми на постройку стадионов, театров, концертных залов и всевозможных технологических «игрушек». За биологически правильное поведение во время ПОИСКА / ОБУЧЕНИЯ, за следование БИОЛОГИЧЕСКОМУ ВЛЕЧЕНИЮ, за верность ЗАБОТЕ / ВОСПИТАНИЮ и за увлечение ИГРОЙ наша глубинная нейробиология поощряет нас хорошим настроением с помощью эндогенных опиоидов (Парин, 2022) через активацию системы биологического вознаграждения (Blain & Sharot, 2021).

Следующий слой эмоций порождается матрицей общества. Помимо основных эмоций, дети осваивают правила поведения, которые обусловлены чувствами и переживаниями. Тот, кто берет на себя заботу о ребенке, предоставляет ему свой разум («внешний мозг»), чтобы подготовить ребенка к вступлению в общество людей. В отсутствие человеческого окружения ребенок упускает «критическое окно возможностей» (Robson, 2002) для нормального развития и выработки «исполнительных функций», такие как речь и самоконтроль (Barkley, 2001). Матрица человеческого общества обеспечивает среду для возникновения и развития нашей психической жизни высшего порядка, включая речь, искусство, технологии. В целом эмоциональное сознание формируется социальной матрицей, личным опытом и психологическим складом; даже маленькие дети отличаются по темпераменту, отсюда и широкий диапазон личностных различий.

При обсуждении человеческого сознания полезно упомянуть две нейробиологические модели мозга: модель триединого мозга Пола Маклина (1952, 1990) и модель основных функциональных блоков мозга Александра Лурии (1973). Эволюционная модель Маклина описывает ствол мозга и лимбическую систему как критически важные палеоструктуры, поддерживающие пробуждение («быть в сознании»), инстинктивные реакции (рефлекс-комплекс) и эмоциональное сознание, тогда как неокортекс поддерживает выс-

шие когнитивные функции, такие как способность думать словами о мысли, играть в шахматы, решать научные проблемы, сочинять музыкальные и поэтические произведения, изобретать инженерные решения, составлять планы и выполнять их. Если определить модель Лурии в чрезвычайно упрощенной форме, то она включает три блока мозга, деятельность которых взаимосвязана: первый блок обеспечивает тонус работы мозга, следующий блок занят сбором и обработкой сенсорной информации, третий блок организует и контролирует высшую психическую деятельность. Согласно модели Лурии о динамической организации высших психических функций, именно эволюционно молодые области мозга участвуют в мультимодальной интеграции. Чем выше повреждение головного мозга в эволюционной иерархии, тем специфичнее и причудливее расстройства восприятия (Koziol et al., 2011). Тогда как поражения неокортекса повреждают работу сознания, но не стирают его (Merker, 2007), поражения подкорковых структур могут вызывать коллапс умственной деятельности (Panksepp, 1998b; Watt & Pincus, 2004). Глубокие структуры мозга имеют решающее значение для поддержания нашего сознания, и именно работа нашей глубинной нейробиологии поддерживает наше существование.

Скоординированные и интегрированные реакции сложного живого организма на окружающую среду и сама жизнь организма зависят от гомеостатических процессов (Modell et al., 2015), протекающих посредством электрохимических связей. Центром гомеостатической регуляции является гипоталамус (структура в лимбической системе), где принимаются решения о выделении гормонов в кровеносную систему. (Электрические сигналы называют «валютой мозга»). Типичный нейрон передает сигнал при помощи заряда, возникающего на мембране аксона, благодаря ионным каналам, что ведет к электрическому импульсу и к высвобождению нейромедиаторов в синаптическую щель между передающим и принимающим сигнал нейронами.) Цель гомеостаза – в поддержке оптимальных физиологических параметров организма в пределах, совместимых с жизнью. Речь идет о температуре тела, уровне глюкозы в крови, потребности в воде и еде и тому подобном. В физиологических процессах человеческого организма участвует огромная колония крошечных «существ», причем некоторые из них являются «нашими» клетками, а некоторые – «попутчиками» в виде микробов, вирусов, бактерий, образующих микробиоту человека (Leviatan

et al., 2022). Сотрудничество внутри этой колонии иллюстрирует эволюционное преимущество взаимной поддержки, от симбиоза бактерии митохондрии и прокариот (простейших одноклеточных организмов) до сложных физиологических систем человека – и до развитой цивилизации.

Чтобы подчеркнуть основную особенность живых существ, Перл (1988) и Фристон (2010) ввели в когнитивные науки концепцию марковского одеяла, определив границы биологической системы в статистическом смысле (Kirchhoff, 2018). Эти границы можно объяснить как «мембрану», поддерживающую целостность живого организма в его борьбе с энтропией. «Мембрана» позволяет организму получать информацию из окружающей среды, чтобы при необходимости запускать защитные действия на внешние события, причем защитные действия выработаны только для лимитированного вида событий (принцип свободной энергии, Friston, 2010). При условии того, что окружающая среда производит случайные и неожиданные ситуации, организм должен быть готов направить свои ресурсы на конечное число предполагаемых (ожидаемых) внешних условий. Другими словами, организм должен найти некое детерминистское решение внутренних состояний перед лицом непредвиденных флуктуаций извне, так чтобы реакции организма предвосхищали и удовлетворяли некое конечное количество ситуаций и не вели к потере ресурсов. Таким образом уровень внешней энтропии Шеннона (Шеннон, 2002) становится низким и свободная энергия уменьшается. В реальной ситуации реакции живых организмов на окружающую среду обычно обладают валентностью, положительной или отрицательной. По сравнению с позитивной информацией, негативная информация обладает приоритетом и ей уделяется больше внимания и больше ресурсов («предвзятость к негативности», Ito et al., 1998). Негативная информация, будь то громкий диссонирующий звук или внезапная опасная ситуация, как правило, вызывает физическое напряжение, указывая тем самым на связь между эмоциями и мышечным тонусом, то есть эмоциями и двигательной системой. Потеря возможности самостоятельного передвижения приглушает способность к эмоциональным переживаниям (Mack et al., 2005).

Судя по всему, изменения мышечного тонуса во время слушания музыки важны для генерации музыкальных эмоций. Мы интуитивно чувствуем разные уровни тонального напряжения в диссо-

нансных и согласных звуках, а также в устойчивых и неустойчивых тонах, из которых состоит мелодическая материя музыки. Другими словами, в художественной форме, называемой «универсальным языком эмоций», воспринимаемое напряжение является основным морфологическим принципом (Korsakova-Kreyen, 2018). Различия в воспринимаемом тональном напряжении элементов музыкальной материи позволяют создавать тональные паттерны и структуры (Krumhansl, 1997). Используя мелодические «триггеры», музыка передает виртуальные эмоции, которые разворачиваются вдоль стрелы времени (Лангер, 1942/2000; Scruton, 1997).

Понятия «напряжение» и «устойчивость» приняты в музыковедении как критически важные для объяснения основ музыкальной теории и функциональной гармонии. Из общепринятого признания этих перцептуальных особенностей музыки вытекают чрезвычайно интересные последствия. Например, известно, что восприятие консонансов и диссонансов (Bowling & Purves, 2015) не требует формального обучения, то есть наши ощущения основных мелодических элементов музыки не зависят от культурного окружения. Консонансы и диссонансы воспринимаются по-разному маленькими детьми (Trainor, 2004); более того, активация мозга в ответ на звуки консонансов и диссонансов различается у новорожденных (Virtala et al., 2013). (Даже только что вылупившиеся цыплята предпочитают консонансы [Chiandetti & Vallortigara, 2011].) Другими словами, главные элементы мелодической материи возникают во время взаимодействия физики звука и нейробиологии слуха (Helmholtz, 1975/2009). Воспринимаемое различие между консонансами и диссонансами зависит, судя по всему, от градиента нейронных затрат на обработку звуковой информации. Например, пифагорейские интервалы октава, квинта и кварта появляются в самом начале обертоновой серии любого натурального звука: вибрация струн и колонн воздуха производит мгновенно разворачивающиеся шлейфы призвуков, и в начале этих шлейфов находятся пифагорейские интервалы. Хотя мы слышим музыкальные звуки в виде «частиц» (и записываем их нотами), физика звука объясняет, что любой натуральный звук состоит из основного тона и обертонов. Именно взаимодействие между обертоновыми рядами определяет характер звукосочетаний.

Когда два независимых звука образуют один из пифагорейских интервалов, это означает, что происходит дублирование «громкой»

начальной информации в обертоновой серии одного из звуков. Например, пифагорейский интервал октава образуется основным тоном и дублированием его первого обертона, а интервал квинта образуется основным тоном и дублированием его второго обертона. Таким образом, в истоке мелодических паттернов находится принцип наименьших затрат (Ferreto, 1984): то, что легче обрабатывать системой слуха на уровне нейронных сетей, производит более согласное звучание, чем «трудоемкие», и потому напряженные, диссонансы. Изучение обратных сигналов из ствола головного мозга в ответ на элементы музыки (Bidelman & Krishnan, 2009, 2011) показывает, что консонансные звучания производят более когерентные сигналы, чем диссонансные.

Поведенческие исследования тоже указывают на важность воспринимаемого напряжения в музыке (Bigand et al., 1996; Корсакова-Крейн & Dowling, 2014). Именно воспринимаемое напряжение находится в основе перцептуальной схемы, благодаря которой человеческий разум может считывать музыкальную информацию. Эта схема – музыкальная гамма – вспыхивает в нашем сознании, как только наш разум улавливает звуки музыки (в отличие от речи или индустриальных и природных звуков). Гамма организована иерархически по принципу притяжения. Первый тон гаммы – тоника – служит центром устойчивости, к которому другие тона гаммы притягиваются в различной степени (Krumhansl & Kessler, 1982). Сегодня в мире музыки доминирует диатоническая гамма, состоящая из семи основных (диатонических) тонов и пяти хроматических тонов, что дает 12 основных мелодических интервалов. Поскольку мелодическая материя циклична (благодаря октавному эквиваленту), то те же семь нот образуют, например, диапазон рояля из 88 нот/клавиш. Абсолютная звуковысотность вторична для гаммы, поскольку стабильность того же самого звука зависит от того, на какой ноте строится гамма. Например, нота до устойчива в До мажоре и неустойчива в Ре-бемоль мажоре. Тональная неустойчивость воспринимается как напряженная, а переход к устойчивости такое напряжение снимает. Когда мы слушаем музыку, наш разум заинтересован в отношении между музыкальными звуками, а не в их абсолютных физических значениях. Если акустика присваивает звуку числовое выражение – определяя амплитуду, частоту звучания, продолжительность и тембр звука, – то в музыке эти качества подчиняются логике мелодической мысли.

Вот почему мы узнаем знакомую мелодию, будь она спета басом, сыграна на трубе или озвучена на флейте пикколо, причем в разных тональностях. Как только музыкальные звуки входят в отношения с другими музыкальными звуками, образуя поле притяжения, они становятся тонами в акозматическом пространстве музыкальных идей. Следующим, более высоким уровнем в иерархии восприятия музыки является музыкальный синтаксис (Schoenberg, 1954/1969; Дубровский и др., 1965). Формула тональной гармонии содержит три основных трезвучия, различающихся по уровню тональной устойчивости. Эти трезвучия построены на диатонических ступенях I, IV, V, I и представляют три функции: тоническую, субдоминантовую и доминантовую. Тоническое трезвучие считается самым лаконичным выражением тональности. Наше ощущение тонального пространства не требует формальной подготовки (Holleran et al., 1995; Bigand et al., 2006; Schellenberg et al., 2005). Несмотря на расширение тонального пространства благодаря поискам новых средств выразительности, включая вновь найденное богатство гармоний, синтаксическая формула языка гармонии служит прочной основой для нашего ощущения музыкальных структур. Само использование слов «притяжение» и «неустойчивость» означает, что в музыке мы имеем дело с феноменальной тональной гравитацией (Scruton, 1997). Полевые силы в музыке позволяют создавать структуры различной сложности, от простых мелодий до массивных и глубоких по содержанию симфоний.

Учитывая, что в музыке отсутствуют когнитивные константы и видимые образы, она являет собой наиболее абстрактное искусство, способное передавать сложные человеческие эмоции с помощью самых примитивных реакций, присущих всему живому, а именно напряжения и расслабления. Если мы объединим градиент нейронных затрат, определяющий характер консонансов и диссонансов, с принципом тональной гравитации, работающей как связующая сила для создания музыкальных структур, то перед нами возникнет образ музыки как рисунок распределения энергий. Музыкальные произведения можно также представить как контролируемые во времени осцилляции вокруг центра устойчивости. Согласно Архаичной модели восприятия музыки (Korsakova-Kreyn & Dowling, 2014), эмоции в музыке тесно связаны с мгновенными сомато- и висцеромоторными реакциями, то есть с волнами напряжения и расслабления, производимыми

тонально-ритмическими паттернами музыки. Прослушивание определенной тонально-временной программы производит определенную эмоцию. Архаичная модель восприятия музыки означает, что прекогнитивная интеграция слуховых и сомато- и висцеромоторных реакций производит музыкальную эмоцию. Другими словами, корни музыкальных эмоций находятся в глубинах нейробиологии; музыкальное искусство основано на имитировании самых примитивных реакций, свойственных живым организмам. Язык музыки настолько прост, что он доступен людям разного возраста и разных когнитивных возможностей.

Появление музыкальной гаммы и синтаксиса явилось не результатом изобретений, но находками тех возможностей, что заложены в самой природе звука. Начиная с начала прошлого века, композиторы предпринимали разнообразные попытки избавления от «диктатуры тональности» (тональной системы отсчета) и создания новых схем восприятия. Например, правила для додекафонического письма в музыке Хауэра и Шонберга предупреждают появление иерархии тональных отношений, тогда как композиции с использованием случайных чисел Ксенакиса и алеаторика Булеза и Штокхаузена не предусматривают тональные отношения. Отказ от перцептуальной схемы коснулся не только музыки, но и изобразительного искусства, что очевидно в работах Кандинского, Лисицкого, Ротко, Малевича и других. По словам Тарускина, искусство начала XX века переживало «коллапс пространства и времени», чему были свои социальные и духовные причины.

Для исследователей человеческого сознания музыкальное искусство интересно своей способностью передавать/вызывать сложные переживания при крайней абстрактности самого языка музыки. Слушание музыки влияет на нейробиологию мозга (Chanda & Levitin, 2013) и задействует систему биологического вознаграждения (Blood & Zatorre, 2001; Panksepp & Bernatsky, 2002). Музыка помогает нормализовать движения у пациентов с болезнью Паркинсона (Ashoori et al., 2015), ослабляет ощущение боли в послеоперационный период (Nilsson, 2008; Gogoularadja & Bakshi, 2020), ускоряет восстановление когнитивных функций после инсульта (Särkämö et al., 2008). Занятия музыкой повышают IQ у детей (Forgeard et al., 2008) и создают когнитивный резерв у взрослых (Seinfeld et al., 2013). Эти характерные влияния музыкального искусства все еще не всегда ясны с научной точки зрения, хотя есть

принятое понимание того, что музыка задействует глубокие слои нашей нейробиологии. На древние источники музыкальных эмоций указывают синестетические ощущения слушателей в ответ на движение в тональном пространстве. Синестезией называют явление активации данной модальности восприятия (например, зрения) посредством воздействия информации от совсем другой сенсорной системы (например, слуха). Существует мнение, что явление синестетических ощущений происходит благодаря активации древних мультимодальных аксонных пучков (Moeller, 2009, личная беседа). К известным синестетам принадлежат писатель Владимир Набоков, композитор Николай Римский-Корсаков, скрипач Ицхак Перельман. В музыкальной педагогике для описания характера музыкальных гармоний привычно используют слова синестетического порядка, например яркий или теплый. Тем не менее, эмпирическое открытие стойкого синестетического компонента в восприятии музыки (Korsakova-Kreyn & Dowling, 2014; Корсакова, 2022) было скорее неожиданным. Измерение реакций слушателей в нашем исследовании происходило с использованием семантического дифференциала, который включал такие полярные шкалы, как теплый-холодный и яркий-темный. Построенная на данных карта тональных расстояний соответствует основам функциональной гармонии. Более того, синестетическая дифференциация слушателями тональных расстояний имела отношение к воспринимаемому тональному напряжению.

Возвращаясь к факту отсутствия модуля эмоций у существующих моделей Искусственного Интеллекта, нам нетрудно представить, почему создание этого модуля ставит серьезные задачи перед разработчиками ИИ. Например, нейродинамика эмоций еще плохо изучена. Но, как было показано в вышеизложенном обзоре основ музыкальной психологии, даже когда используется такой чрезвычайно простой и интуитивный способ передачи информации, как музыка, то он обращается к специфическим возможностям человеческого сознания, меняет психологическое состояние слушателя и влияет на физиологические параметры его организма (Федотчев и др., 2019). Тогда как «программирование» рисунков информации в музыке опирается на примитивные методы (включающие градиент нейронных затрат на обработку мелодических элементов и интуитивное ощущение феноменальной тональной гравитации), восприятие этой информации человеческим разумом, то есть рас-

шифровка тонально-ритмических программ, производит эстетические эмоции. В отличие от биологически детерминированных базовых эмоций, эстетические эмоции характеризуются ощущением прекрасного, опорой на культурные традиции, бескорыстным интересом и влиянием особенностей темперамента и личных воспоминаний слушателя. Простое перечисление этих компонентов показывает маловероятность создания надежной детерминистской модели сложных эмоций. Но именно способность к переживанию сложных чувств характерна для развитого человеческого сознания.

Поскольку разработки новых технологий и Искусственного Интеллекта будут неизбежно продолжаться, то есть смысл в создании защитных условий в предвосхищении будущих проблем. Например, супермощные и супербыстрые вычислительные машины могут в какой-то момент перейти к независимой «машинной» эволюции, валентность которой для будущего человечества нам не дано предугадать. Существует мнение, что человеческие существа, использующие ИИ, заменят в будущем тех существ, которые не используют ИИ (Mostaque, CEO Stability AI). Смогут ли будущие модели ИИ воссоздать эквивалент лимбической системы и ее взаимодействие с высшими когнитивными функциями человека, так чтобы приблизиться к источнику эмоционального сознания, определяющего человеческие отношения, техническое изобретательство и художественное творчество? Более того, тогда как предпосылки для моральных суждений «встроены» природой в человеческое сознание и проявляются в раннем детстве (Wynn & Bloom, 2014), неизвестно, будет ли возможно выработать принципы квазичеловеческой морали у ИИ. На сегодня не ясно, сможет ли человечество найти в ИИ надежного союзника, способного стать полезным компонентом в матрице человеческого общества, или, напротив, развитие ИИ может со временем создать опасность для выживания человеческого рода.

Литература

1. *Ashoori, A., Eagleman, D. M., & Jankovic, J.* (2015). Effects of auditory rhythm and music on gait disturbances in Parkinson's disease. *Frontiers in Neurology*, 6(234) <https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00234>.
2. *Aziz-Zadeh, L., Ivry, R. B.* (2009) The human mirror neuron system and embodied representations. In: Sternad D. (eds) *Progress in Motor Control. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 629. Springer, Boston, MA. doi.org/10.1007/978-0-387-77064-2_18.
3. *Barkley, R. A.* (2001). The executive functions and self-regulation: An

- evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review* 11, 1-29. doi.org/10.1023/A:1009085417776.
4. *Blain, B. & Sharot, T.* (2021). Intrinsic reward: potential cognitive and neural mechanisms. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 39: 113-118. doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.03.008.
 5. *Bidelman, G. M. & Krishnan, A.* (2009). Neural correlates of consonance, dissonance, and the hierarchy of musical pitch in the human brainstem. *The Journal of Neuroscience*, 29 (42), 13165-13171.
 6. *Bidelman G. M. & Krishnan A.* (2011). Brainstem correlates of behavioral and compositional preferences of musical harmony. *NeuroReport*, 22:212-216.
 7. *Bowling, D. & Purves, D.* (2015). A biological rationale for musical consonance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(36), 11115-11160.
 8. *Chiandetti, C. & Vallortigara, G.* (2011). Chicks like consonant music. *Psychological science*, 22(10), 1270-1273.
 9. *Colliver, Y., Harrison, L. J., Brown, J. E., & Humburg, P.* (2022). Free play predicts self-regulation years later: Longitudinal evidence from a large Australian sample of toddlers and preschoolers. *Early Childhood Research Quarterly*, 59, 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.11.011>.
 10. *Damasio, A.* (2010). *The Self comes to mind. Constructing the conscious brain.* New York, NY: Pantheon.
 11. *Damasio, A.* (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain.* New York, NY: Penguin Publishing Group.
 12. *Damasio, A. R.* (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex, *Philosophical Transaction: Biological Sciences*, 351, 1413-1420.
 13. *Дубровский, И., Евсеев, С., Способин, И., Соколов, В.* (1965). *Учебник гармонии: Москва.*
 14. *Федотчев, А. И., Парин, С. Б., Полевая, С. А., Земляная, А. А.* (2019). Эффекты аудио-визуальной стимуляции автоматически контролируют биоэлектрические потенциалы мозга и сердца человека. *Человеческая физиология*. 45 (5), 523-526. doi.: 10.1134/s0362119719050025.
 15. *Forgeard, M., Winner, E., Norton, A., & Schlaug, G.* (2008). Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *PLoS ONE*. 2008;3: e3566-e3566.
 16. *Ferrero, G.* (1894). L'inertie mentale et la loi du moindre effort. *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, 37, 169-182.
 17. *Foglia, L. & Wilson, R. A.* (2013). Embodied cognition. *WIREs Cognitive Science*, doi: 10.1002/wcs.1226.
 18. *Friston, K.* (2010). The free-energy principle: A unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11 (2), 127-138. <https://dx.doi.org/10.1038/nrn2787>.
 19. *Gogoularadja, A. & Bakshi, S. S.* (2020). A randomized study on the efficacy of music therapy on pain and anxiety in nasal septal surgery. *International Archives of Otorhinolaryngology*, e232-e236. doi: 10.1055/s-0039-3402438.

20. *Helmholtz, H. L. F.* (1975/2009). On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music. 3rd edition, Tr. Ellis, A. J., Cambridge University Press: UK.
21. *Hensch, T.K.* (2016). The power of the infant brain. *Scientific American*, 64-69.
22. *Hubel, D. H., & Wiesel, T. N.* (1970). The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *Journal of Physiology*, 206, 419-436.
23. *Ito, T. A., Larsen, J. T., Smith, N. K., & Cacioppo, J. T.* (1998). Negative information weighs more heavily on the brain: The negativity bias in evaluative categorizations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75 (4), 887-900.
24. *Kirchhoff, M., Parr, T., Palacios, E., Friston, K., & Kiverstein, J.* (2018). The Markov blankets of life: autonomy, active inference and the free energy principle. *Journal of the Royal Society. Interface*. 15(138). DOI: 10.1098/rsif.2017.0792.
25. *Koziol, L. F., Budding, D. & Chidekel, D.* (2011). Sensory integration, sensory processing, and sensory modulation disorders: Putative functional neuroanatomic underpinnings, *The Cerebellum*, 10(4), 770-92. DOI: 10.1007/s12311-011-0288-8.
26. *Krumhansl, C. L.* (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51, 336-335.
27. *Krumhansl, C. L.* (2005). The cognition of tonality – as we know it today. *Journal of New Music Research*, 33, 253-268.
28. *Krumhansl, C. L. & Kessler, E.* (1982). Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys. *Psychological Review*, 89, 334-368.
29. *Lerdahl, F. & Krumhansl, C. L.* (2007). Modelling tonal tension. *Music Perception*, 24(4), 329-366.
30. *Korsakova-Kreyн, M.* (2018). Two-level model of embodied cognition in music. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 28(4), 240-259. DOI: 10.1037/pmu000022.
31. *Корсакова-Крейн, М.* (2019). Язык музыки и его психофизические основы (обзор). Новые технологии в медицине. 11 (1), 40-45. DOI: <http://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.04>.
32. *Корсакова, М. Н.* (2022). Мозг и музыка: Как чувства проявляют себя в музыке и почему ее понимание доступно всем. М.: АСТ, Прайм, Россия.
33. *Lakoff, G. & Johnson, M.* (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought*. New York, NY: Basic Books.
34. *Leviatan, S., Shoer, S., Rothschild, D. et al.* (2022). An expanded reference map of the human gut microbiome reveals hundreds of previously unknown species. *Nature Communications*, 13, 3863 <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31502-1>.
35. *Лангер, С.* (1942/2000). *Философия в новом ключе: исследование*

- символики разума, ритуала и искусства. (Пер. с англ. С. П. Евтушенко; Общ. ред. и послесловие. В. П. Шестакова). М.: Мыслители XX века. ISBN 5-250-027-47-4.
36. *Luria, A. R.* (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. New York, NY: Basic Books.
 37. *MacLean, M.D.* (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4 (4), 407-418.
 38. *MacLean, P.D.* (1990). *The triune brain in evolution. Role in paleocerebral functions*. New York, NY: Plenum Press.
 39. *Merleau-Ponty, M.* (1945/1962). *Phenomenology of perception*. Trans. C. Smith. London, UK: Routledge and Kegan Paul.
 40. *Modell, H., Cliff, W. Michael, J., McFarland, J., Wenderoth, M.P. & Wright, A.* (2015). A physiologist's view of homeostasis. *Advances in Physiology Education*. 39(4), 259-66. doi: 10.1152/advan.00107.2015.
 41. *Nilsson, U.* (2008). The anxiety and pain reducing effect of music interventions in perioperative care; a systematic review, *AORN Journal*, 87(4), 780-807.
 42. *Panksepp, J.* (1998a). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. New York, NY: Oxford University Press.
 43. *Panksepp, J.* (1998b). The periconscious substrates of consciousness: affective states and the evolutionary origins of the SELF. *Journal of Consciousness Studies*, 5, 566-582.
 44. *Panksepp, J., and Biven, L.* (2012). *The archaeology of mind: Neuroevolutionary origins of human emotion*. New York, N Y: W. W. Norton & Company
 45. *Panksepp, J.* (2005). Affective consciousness: core emotional feelings in animals and humans. *Consciousness and Cognition*. 14, 30-80. doi: 10.1016/j.concog.2004.10.004.
 46. *Парин, С.* (2022). Стресс, боль и опиоиды. Об эндорфинах и не только. Издательство Дискурс: Минск, Беларусь.
 47. *Pearl, J.* (1988). *Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
 48. *Ramachandran, V. S. & Hubbard, E. M.* (2003). Hearing colors, tasting shapes, *Scientific American*, 288(5), 42-49.
 49. *Robson, A. L.* (2002). Critical/sensitive periods. *Child Development*. Ed. Neil J. Salkind. New York: Macmillan USA.
 50. *Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S. et al.* (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, 131, 866-876.
 51. *Солнцев В. М.* К (1974). К вопросу о семантике или языковом значении (вместо предисловия). *Проблемы семантики*, М.: Наука.
 52. *Shepard, R. & Cooper, L.* (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, MA: MIT Press.
 53. *Schoenberg, A.* (1954/1969). *Structural functions of harmony*. Stein, L. (Tr.). Chicago, IL: University of Chicago Press.

54. Schellenberg, E. G., Bigand, E., Poulin-Charronnat, B., Garnier, C., & Stevens, C. (2005). Children's implicit knowledge of harmony in Western music. *Developmental Science*, 8 (6), 551-566.
55. Scruton, R. (1997). *The Aesthetics of Music*, Oxford University Press: UK.
56. Seinfeld, S., Figueroa, H., Ortiz-Gil, J., & Sanchez-Vives, M.V. (2013). Effects of music learning and piano practice on cognitive function, mood and quality of life in older adults. *Frontiers in Psychology*. 1,4:810. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00810.
57. Шеннон, К. (2002). Работы по теории информации и кибернетике. М.: Издательство иностранной литературы.
58. Tooby, J., & Cosmides, L. (2008). The evolutionary psychology of the emotions and their relationship to internal regulatory variables. In M. Lewis, J. M. Haviland-Jones, & L. F. Barrett (Eds.), 3rd edition. *Handbook of emotions*. New York, NY: Guilford.
59. Trainor, L. J. (2004). Are there critical periods for music development? *Developmental Psychobiology*, 46, 262-278.
60. Trainor, L. J. & Heinmiller, B. M. (1998). Infants prefer to listen to consonance over dissonance. *Infant Behavior and Development*. 77-88.
61. Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind. Cognitive science and human experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
62. Virtala, P. & M. Tervaniemi. (2017). Neurocognition of major-minor and consonance-dissonance. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 34 (4), 387-404.
63. Watt, D. F., & Pincus, D. I. (2004). Neural substrates of consciousness: implications for clinical psychiatry. In *Textbook of Psychiatry*, ed. J. Panksepp (Hoboken, NJ: Wiley), 75-110.
64. Wellsby, M. & Pexman, P. M. (2014). Developing embodied cognition: insights from children's concepts and language processing. *Frontiers in Psychology*, 5, 1-10.
65. Wynn, K., & Bloom, P. (2014). The moral baby. In M. Killen & J. G. Smetana (Eds.), *Handbook of moral development* (pp. 435-453). Psychology Press.
66. Zhang, S., Sharif, S. M. S., Chen, Y-C. et al. (2016). Clinical features for diagnosis and management of patients with PRDM12 congenital insensitivity to pain. *Journal of Medical Genetics*, 53(8). DOI: 10.1136/jmedgenet-2015-103646.

УДК 130.2

DOI 10.17726/phillT.2023.2.4



Нейросетевые методы классификации гласных в вокалических системах с признаком продвинутости корня языка, или ATR

Макеева Надежда Владимировна,

*кандидат филологических наук,
старший научный сотрудник отдела африканских языков,
Институт языкознания РАН
Москва, Россия*

umuta11@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена обсуждению результатов тестирования нейронной сети, классифицирующей гласные вокалической системы, включающей признак продвинутости корня языка, или [ATR] (Advanced Tongue Root), на материале языка акебу (семья ква). Акустическая природа признака [ATR] исследована недостаточно. Единственный надежный акустический коррелят [ATR] – величина первой форманты (F1) – является также акустическим коррелятом признака подъема, что создает существенные области пересечения между верхними гласными [-ATR] и средними гласными [+ATR]. Другие параметры, предлагаемые в качестве акустических коррелятов [ATR]: ширина полосы F1 (B1), разность амплитуд первых двух формант (A1-A2) и др., – различают, как правило, только часть гласных части носителей. Для обучения и тестирования нейронной сети были использованы значения четырех переменных: F1, F2, A1-A2, B1. Были протестированы четыре варианта модели, различающиеся отсутствием/наличием пятой переменной, кодирующей спикера, и количеством скрытых слоев (1 vs. 2). Модели, включающие параметр спикера, показали несколько более высокий уровень эффективности в виде доли правильных ответов, при этом показатели точности и полноты трехслойной модели оказались в целом выше, чем для модели, имеющей два скрытых слоя.

Ключевые слова: признак продвинутости корня языка; ATR; акебу; ква; нейронные сети.

Neural network methods for vowel classification in the vocalic systems with the [ATR] (Advanced Tongue Root) contrast

Makeeva Nadezhda Vladimirovna,

*Candidate of Philology,
Senior Researcher, Department of African Languages,
Institute of Linguistics RAS
Moscow, Russia*

umuta11@yandex.ru

Abstract. The paper aims to discuss the results of testing a neural network which classifies the vowels of the vocalic system with the [ATR] (Advanced Tongue Root) contrast based on the data of Akebu (Kwa family). The acoustic nature of the [ATR] feature is yet understudied. The only reliable acoustic correlate of [ATR] is the magnitude of the first formant (F1) which can be also modulated by tongue height, resulting in significant overlap between high [-ATR] vowels and mid [+ATR] vowels. Other acoustic metrics which had been associated with the [ATR], such as F1 bandwidth (B1), relative intensity of F1 to F2 (A1-A2), etc., are typically inconsistent across vowel types and speakers. The values of four metrics – F1, F2, A1-A2, B1 – were used for training and testing the neural network. We tested four versions of the model differing in the presence of the fifth variable encoding the speaker and the number of hidden layers. The models which included the variable encoding the speaker achieved slightly higher accuracy, whereas the precision and recall metrics of the three-layer model were generally higher than those with two hidden layers.

Keywords: Advanced Tongue Root; ATR; Akebu; Kwa; neural networks.

Введение

Признак продвинутости корня языка, или [ATR] (Advanced Tongue Root), широко распространен в нигеро-конголезских и нило-сахарских языках макросуданского пояса (Güldemann, 2008, 2010). Артикуляторная база и акустические корреляты этого признака активно изучались начиная с 1960-х годов. Изучение артикуляторной базы методами рентгенографии (Ladefoged, 1964; Painter, 1973; Lindau, 1975, 1979; Сурканова 1978), магнитно-резонансной томографии (Tiede, 1996), эндоскопической ларингоскопии (Edmondson & Esling, 2006) и ультразвуковыми методами

(Gick et al., 2006; Allen et al., 2013; Hudu, 2014; Kirkham & Nance, 2017) привело к относительно уверенному пониманию тех артикуляторных механизмов, которые обеспечивают контраст по признаку продвинутости корня языка. Особый вклад в это понимание был внесен исследованиями методом эндоскопической ларингоскопии, проводившимися с начала 2000-х годов. Эти исследования показали, что главным артикуляторным движением, работающим на создание контраста по признаку [ATR], является черпалонадгортанное сжатие, тогда как другие известные механизмы, связанные с данным контрастом, такие как движение корня языка, вертикальное смещение гортани, изменение объема глотки, являются лишь вспомогательными механизмами, работающими сообща в рамках единой синергетической системы ларингального артикулятора (Edmondson & Esling, 2006; Esling et al., 2019).

В то же время акустическая природа признака остается исследованной недостаточно. Несмотря на длительную историю исследований, был обнаружен лишь один надежный акустический коррелят признака [ATR] – величина первой форманты (F1) (Lindau, 1975; Fulop et al., 1998; Guion et al., 2004; Starwalt, 2008), являющаяся одновременно основным акустическим коррелятом признака подъема. Все попытки найти какие-либо дополнительные параметры, различающие гласные, противопоставленные по признаку [ATR], не увенчались успехом. Все предлагавшиеся параметры, такие как ширина полосы F1 (B1) (Hess, 1992; Starwalt, 2008), разность амплитуд первых двух формант (A1-A2) (Fulop et al., 1998; Guion et al., 2004; Starwalt, 2008), среднее спектральное (Starwalt, 2008; Ivanova, 2021), уровень звучности (Olejarczuk et al., 2019) и др., не показали стабильных результатов: статистически значимые различия обнаруживаются, как правило, только для части гласных части носителей.

Постановка проблемы

Обозначенное выше положение дел заставляет задаться вопросом, достаточно ли значения основного акустического коррелята признака [ATR] – F1, дополненного значениями ряда вторичных акустических параметров, таких как F2, B1 и A1-A2, для различения гласных в вокалических системах с параллельным противопоставлением по признакам подъема и [ATR], т.е. таких системах,

где имеется противопоставление по признаку [ATR] для гласных как среднего, так и верхнего подъема. Могут ли эти параметры быть использованы при описании языка для установления фонологического облика лексических единиц? Можно ли на их основе смоделировать процесс распознавания гласных в системах данного типа носителями языка? В работе будет осуществлена попытка построения нейросетевой модели, классифицирующей гласные языка акебу, относящегося к языковой семье ква (Того, 70 тыс. носителей).

Язык акебу имеет вокалическую систему, состоящую из 11 гласных. Все гласные разбиваются на два набора: [+ATR] и [-ATR]. Передние и задние гласные противопоставлены по признакам подъема и [ATR], в то время как все центральные гласные относятся к набору [-ATR], различаясь только по признаку подъема.

Таблица 1

Система гласных языка акебу

		передние	центральные	задние
верхние	+ATR	i		u
	-ATR	ɪ	ɨ	ʊ
средние	+ATR	e		o
	-ATR	ɛ	ə	ɔ
нижние	-ATR		a	

Как было упомянуто выше, основным акустическим коррелятом признака [ATR] является величина первой форманты F1. Ее значение обусловлено отсутствием или наличием черпалонадгортанного сжатия, которое при производстве гласных набора [-ATR] создает сужение в области пучности давления F1, а также способствует уменьшению длины гортанной трубки совместно с механизмом поднятия гортани (Edmondson & Esling, 2006; Edmondson, 2008). В связи с этим гласные [-ATR] имеют более высокие значения частоты F1 по сравнению с гласными [+ATR].

Однако F1 является одновременно акустическим коррелятом признака подъема. Более открытые гласные, характеризующиеся меньшей степенью палатального и большей степенью фарингального сужения, имеют более высокие значения частоты F1 по срав-

нению с закрытыми гласными. Таким образом, пары гласных [i] vs. [e] и [u] vs. [o], противопоставленных по признаку подъема, как и пары гласных [i] vs. [ɪ], [u] vs. [ʊ], противопоставленных по признаку [ATR], с акустической точки зрения будут различаться величиной F1 при следующем соотношении:

$$F1(+ATR) < F1(-ATR) \quad F1(i) < F1(ɪ), F1(u) < F1(ʊ);$$

$$F1(\text{high}) < F1(\text{mid}) \quad F1(i) < F1(e), F1(u) < F1(o).$$

Результатом сходства акустического эффекта, достигаемого за счет противопоставления по признаку подъема с одной стороны и признака [ATR] с другой стороны, является существенное пересечение значений F1 для верхних гласных набора [-ATR] и средних гласных набора [+ATR]. Так, на формантной картине гласных языка акебу для информантов AD и АК можно наблюдать пересечение множеств значений F1 для гласных [i] и [e] (рисунок 1) и гласных [ʊ] и [o] (рисунок 2) соответственно.

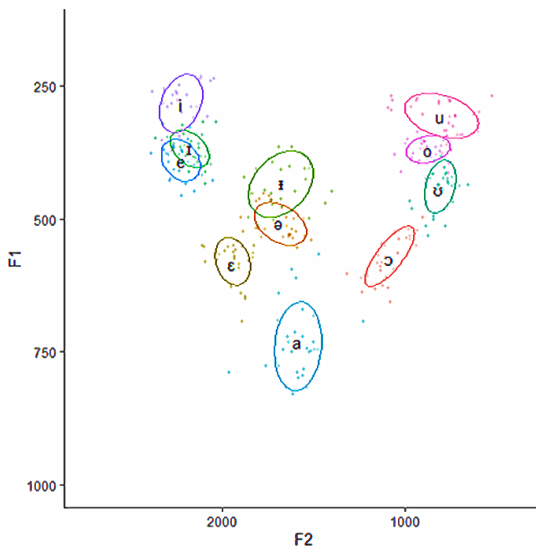


Рисунок 1. Формантная картина гласных F1-F2 (AD)

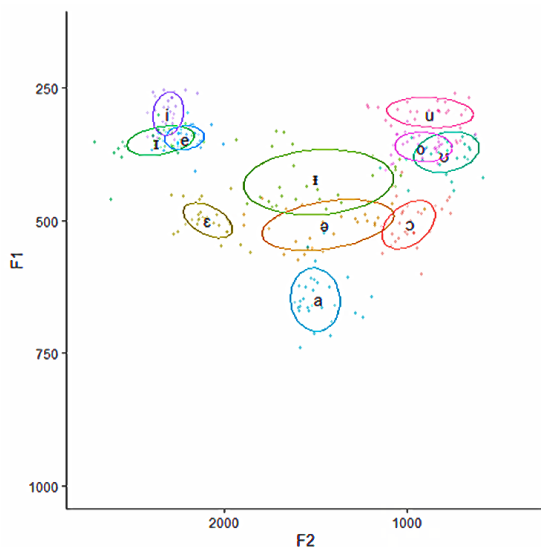


Рисунок 2. Формантная картина гласных F1-F2 (АК)

В то же время, как показало инструментально-фонетическое исследование (Makeeva & Kuznetsova, 2022), дополнительные параметры, такие как F2, B1, A1-A2, в отличие от параметра F1, не могут считаться надежными акустическими коррелятами признака [ATR] в акебу, так как не показывают стабильных статистически значимых различий для пар гласных, противопоставленных по признаку [ATR].

Методология

Материалом для исследования послужили данные языка акебу, собранные от шести информантов мужского пола в ходе полевой работы в деревне Джон в январе-феврале 2019 года: Achille Djenou (AD, 1996 г.р.), Yao Lolonyo Akossu (AK, 1967 г.р.), Koffi German Boukate (BOUK, 1958 г.р.), Kokou Mawuwodo (Honoré) Kokoroko (HO, 1990 г.р.), Kokouvi Kpoliatowou (Martin) Kodjovi (MA, 1986 г.р.), Yaovi Modeste Tchitche (YT, 1991 г.р.). Информантам было предложено трижды произнести каждое слово из списка, включавшего по 10 слов с каждым из 11 гласных языка акебу. Та-

ким образом, с учетом отбраковки около 1 процента произнесений общее число произнесений составило 1955 единиц: 10 слов * 3 повторения * 11 гласных * 6 информантов – 25.

Запись производилась при помощи профессионального цифрового аудиорегистратора Marantz PMD-660 и внешнего микрофона AKG 1000 в формате.wav при частоте дискретизации 48кГц и разрядности квантования 16 бит.

Для обучения и тестирования нейронной сети были использованы значения пяти переменных, четыре из которых представляют акустические параметры: F1, F2, A1-A2, B1. Пятая переменная, обозначающая информанта, или спикера, вводилась факультативно.

Измерения акустических параметров осуществлялись при помощи компьютерной программы анализа речи Praat (Boersma and Weenink, 2017). Измерение частоты первой форманты осуществлялось на центральном отрезке гласного, составляющем 40% от его общей длительности. Амплитуда первых двух формант и ширина полосы первой форманты измерялись на центральном отрезке гласного длительностью в 0,03 сек. Перед построением модели значения акустических параметров подвергались нормализации. Значения первых двух формант (F1 и F2) были нормализованы по методу Т. Нири (Nearey, 1978, с. 138) с использованием формулы CLIN 2 (constant log interval hypothesis), позволяющей нивелировать различия между спикерами, связанные с индивидуальными особенностями артикуляторного аппарата. Значения разницы амплитуд первых двух формант (A1-A2) были нормализованы в соответствии с алгоритмом, предложенным в (Fulop et al., 1998, с. 88-91), значения ширины полосы первой форманты (B1) – при помощи метода, изложенного в (Starwalt, 2008, с. 85-90).

При помощи кода на языке Python с использованием библиотеки Keras были построены четыре варианта нейросетевой модели, различающиеся между собой отсутствием/наличием пятой переменной, кодирующей спикера, и количеством скрытых слоев (1 vs. 2):

1а. трехслойная нейронная сеть, не учитывающая спикера в качестве переменной;

1б. четырехслойная нейронная сеть, не учитывающая спикера в качестве переменной;

2а. трехслойная нейронная сеть, учитывающая спикера в качестве переменной;

2б. четырехслойная нейронная сеть, учитывающая спикера в качестве переменной.

Выбор числа нейронов в скрытых слоях опирается на геометрическое правило пирамиды. Согласно данному правилу, число нейронов в скрытом слое трехслойной нейронной сети определялось по следующей формуле:

$$k = \sqrt{n \times m},$$

где k – число нейронов в скрытом слое, n – число нейронов во входном слое, m – число нейронов в выходном слое.

В четырехслойной модели число нейронов в скрытых слоях определялось по формуле:

$$k_i = m \left(\sqrt[3]{\frac{n}{m}} \right)^{3-i}, \quad i = 1, 2,$$

где k_i – число нейронов в первом и втором скрытых слоях, n – число нейронов во входном слое, m – число нейронов в выходном слое.

Таблица 2

Архитектура различных типов нейросетевой модели

число нейронов модель	входной слой (n)	первый скрытый слой (k1)	второй скрытый слой (k2)	выходной слой (m)
1а	4	7		11
1б	4	6	8	11
2а	10	10		11
2б	10	10	11	11

Результаты исследования

В таблице 3 представлены результаты эффективности четырех вариантов нейросетевой модели в виде доли правильных ответов.

Таблица 3

**Доля верных ответов при различных типах
нейросетевой модели**

1a	1б	2a	2б
0.77	0.76	0.80	0.80

Как видно из таблицы, параметр количества скрытых слоев не влияет на эффективность модели. Показатели эффективности моделей 1б и 2б, имеющих по два скрытых слоя, отличаются от показателей эффективности моделей 1а и 2а соответственно, имеющих по одному скрытому слою, незначительно или не отличаются вовсе. Напротив, введение в качестве независимой переменной параметра спикера немного повышает эффективность моделей 2а и 2б по сравнению с моделями 1а и 1б соответственно.

Исследование метрик точности и полноты для моделей 2а и 2б показывает, какие гласные вызывают наибольшие затруднения при классификации.

Таблица 4

Метрики точности и полноты для моделей 2а и 2б

метрика гласный	2а		2б	
	точность	полнота	точность	полнота
а	0.95	0.92	0.95	0.92
і	0.74	0.86	0.75	0.89
г	0.68	0.40	0.61	0.40
е	0.61	0.83	0.61	0.75
ε	0.94	0.97	0.91	0.97
і	0.80	0.67	0.72	0.70
э	0.71	0.76	0.74	0.74
u	1.00	0.89	0.97	0.87
υ	0.89	0.76	0.91	0.91
о	0.69	0.93	0.76	0.90
ɔ	0.92	0.92	0.92	0.89

Как видно из таблицы 4, обе модели наименее точно (точность < 0.70) определяют классы ι и ϵ , а наименее полно – класс ι . Напротив, наиболее точно (> 0.90) обе модели позволяют определить классы α , ϵ , υ , э , а наиболее полно – классы α и ϵ . В целом при незначительных различиях значения данных двух метрик для первой – трехслойной – модели немного выше, нежели для второй, включающей два скрытых слоя.

Выводы и дискуссия

Исследование показало, что успешность классификации гласных при помощи нейросетевой модели не зависит от архитектуры нейронной сети, т.е. от количества скрытых слоев и их нейронов. Несмотря на предварительную нормализацию значений первых двух формант, помогающую нивелировать различия между спикерами, связанные с индивидуальными особенностями строения артикуляторного аппарата, эффективность модели, учитывающей в качестве переменной спикера, несколько выше эффективности модели, учитывающей в качестве переменных лишь акустические параметры.

Несмотря на довольно высокий процент правильных ответов алгоритма (около 80%), он оказывается недостаточным для распознавания гласных, в связи с чем установление фонологического облика лексических единиц при помощи нейронной сети должно быть дополнено морфонологическим анализом, включающим в частности анализ поведения гласных в качестве триггеров вокалической гармонии по признаку [ATR].

Вопрос распознавания и классификации гласных носителями языка остается на данный момент открытым и требует дальнейшего детального изучения при помощи фонетических экспериментов с одной стороны и поиска надежных акустических коррелятов признака [ATR] – с другой.

Литература

1. Сурканова И. М. (1978). О некоторых артикуляторно-акустических характеристиках вокализма языка ибo. Проблемы фонетики, морфологии и синтаксиса африканских языков. М.: Издательство Московского университета. 166-204.
2. Allen B., Pulleyblank D., Ajibóyè O. (2013). Articulatory mapping of Yoruba vowels: An ultrasound study. *Phonology*, 30. 183-210.

3. *Edmondson J.A. & Esling J. H.* (2006). The valves of the throat and their functioning in tone, vocal register and stress: Laryngoscopic case studies. *Phonology*, 23. 157-191.
4. *Edmondson J. A.* (2008). Correspondences between articulation and acoustics for the feature [ATR]: the case of two Tibeto-Burman languages and two African languages. Ms.
5. *Esling J. H., Moisk S. R., Benner A., Crevier-Buchman L.* (2019). Voice quality: The laryngeal articulator model. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
6. *Fulop S. A., Kari E. & Ladefoged P.* (1998). An acoustic study of the tongue root contrasts in Degema vowels. *Phonetica*, 1998, 55. 80-98.
7. *Gick B., Pulleyblank D., Campbell F., Mutaka N.* (2006). Low vowels and transparency in Kinande vowel harmony. *Phonology*, 23. 1-20.
8. *Guion et al.* 2004 – Guion S. G., Post M. W., Payne D. L. Phonetic correlates of tongue root vowel contrasts in Maa. *Journal of Phonetics*, 2004, 32: 517-542.
9. *Güldemann T.* (2008). The Macro-Sudan Belt: towards identifying a linguistic area in northern sub-Saharan Africa. A linguistic geography of Africa. Heine B. & Nurse D. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. 151-185.
10. *Güldemann T.* (2010). Sprachraum and geography: linguistic macro-areas in Africa. *Handbooks of Linguistics and Communication Science*, 30, Language and Space: an International Handbook of Linguistic Variation, 2: language mapping. Lameli A., Kehrein R., Rabanus S. (eds.). Berlin: Mouton de Gruyter, 561-585, Maps 2901-2914.
11. *Hess S.* (1992). Assimilatory effects in a vowel harmony system: An acoustic analysis of advanced tongue root in Akan. *Journal of Phonetics*, 20. 475-492.
12. *Hudu F.* (2014). [ATR] feature involves a distinct tongue root articulation: Evidence from ultrasound imaging. *Lingua*, 143. 36-51.
13. *Kirkham S., Nance C.* (2017). An acoustic-articulatory study of bilingual vowel production: Advanced tongue root vowels in Twi and tense/lax vowels in Ghanaian English. *Journal of Phonetics*, 62. 65-81.
14. *Ladefoged P.* (1964). A Phonetic Study of West African Languages: An Auditory-Instrumental Survey. (West African Language Monographs, I.) Cambridge: Cambridge University Press.
15. *Lindau M.* (1975). [Features] for vowels. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 1975, 30.
16. *Lindau M.* (1979). The feature expanded. *Journal of Phonetics*, 7. 163-176.
17. *Makeeva, N. & Kuznetsova, N.* (2022). Phonological and acoustic properties of [ATR] in the vowel system of Akebu (Kwa). *Phonology*, Vol. 39, no. 4. 671-699.
18. *Nearey, T.* (1978). *Phonetic Feature Systems for Vowels*. Indiana University Linguistics Club, Bloomington.
19. *Olejarczuk P., Otero M. A., Baese-Berk M. M.* (2019). Acoustic correlates

- of anticipatory and progressive [ATR] harmony processes in Ethiopian Komo. *Journal of Phonetics*, 2019, 74. 18-41.
20. *Painter C.* (1973). Cineradiographic data on the feature 'covered' in Twi vowel harmony. *Phonetica*, 1973, 28. 97-120.
 21. *Starwalt C. G. A.* (2008). The acoustic correlates of ATR harmony in seven- and nine- vowel african languages: a phonetic inquiry into phonological structure. Ph D. disserstation. The University of Texas at Arlington.
 22. *Tiede M. K.* (1996). An MRI-based study of pharyngeal volume contrasts in Akan and English. *Journal of Phonetics*, 24. 399-421.

УДК 577.38*004.81

DOI 10.17726/phillT.2023.2.5



Эвристическое моделирование рефлексии в рефлексивных играх¹

Маркова Галия Муратовна,

*аспирант, ассистент, кафедра биофизики,
Институт фундаментальной биологии и биотехнологий,
Сибирский федеральный университет
Красноярск, Россия;*

*лаборант, лаборатория теоретической биофизики,
Институт биофизики Сибирского отделения
РАН – обособленное подразделение ФГБНУ Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения РАН»
Красноярск, Россия*

GMarkova@ibp.ru

Барцев Сергей Игоревич,

*доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник, лаборатория теоретической
биофизики,*

*Институт биофизики Сибирского отделения
РАН – обособленное подразделение ФГБНУ Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения РАН»
Красноярск, Россия;*

*профессор, кафедра биофизики,
Институт фундаментальной биологии и биотехнологий,
Сибирский федеральный университет
Красноярск, Россия*

bartsev@yandex.ru

¹ Работа поддержана грантом РФФ № 23-21-10041, Красноярского краевого фонда науки «Иерархия функциональных аттракторов в нейросетевых моделях рефлексии».

Аннотация. Функционирование субъекта в меняющейся среде наиболее эффективно с точки зрения выживания, если субъект способен формировать и сохранять внутренние представления о внешнем мире, а также использовать эти представления для принятия решений. Внутреннее представление (репрезентация) внешнего мира также называется рефлексией в широком смысле. Ее наличие позволяет побеждать в рефлексивных играх, т.к. внутреннее представление о противнике позволяет прогнозировать его поведение. В работе оценивается рефлексивный потенциал эвристических модельных объектов – искусственных нейронных сетей – в рефлексивных играх «Чет-нечет» и «Камень-ножницы-бумага». Использовались гомогенные полносвязные нейронные сети малых размеров (от 8 до 45 нейронов). Игры проводились между нейронными сетями с различными конфигурациями и параметрами (размер, величина шага модификации весовых коэффициентов). Представлен набор критериев рефлексивности, соотносящихся с разными уровнями рассмотрения: нейрональным, поведенческим, формальным. С помощью нейронных сетей различных конфигураций показана транзитивность формального успеха в игре. Наиболее успешные конфигурации, тем не менее, могут не соответствовать другим критериям рефлексивности. Выдвигается гипотеза, что наилучшее соответствие критериям и, как следствие, универсальная успешность в задачах на рефлексии достижимы для гетерогенных конфигураций с иерархической структурой.

Ключевые слова: рефлексия; рефлексивная игра; эвристическое моделирование; искусственные нейронные сети; нейронная активность; аттракторы; стандартная эвристика.

Heuristic modeling of reflection in reflexive games

Markova Galiya Muratovna,

*Postgraduate Student, Assistant, Department of Biophysics,
School of Fundamental Biology and Biotechnology,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russia;*

*Laboratory Assistant, Laboratory of Theoretical Biophysics,
Biophysics Institute of the Siberian Branch of the RAS –
Division of Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center
of the Siberian Branch of the RAS»
Krasnoyarsk, Russia*

GMarkova@ibp.ru

Bartsev Sergey Igorevich,

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Chief Researcher, Laboratory of Theoretical Biophysics,
Biophysics Institute of the Siberian Branch of the RAS –
Division of Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center
of the Siberian Branch of the RAS»
Krasnoyarsk, Russia;*

*Professor,
Department of Biophysics,
School of Fundamental Biology and Biotechnology,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russia*

bartsev@yandex.ru

Abstract. The functioning of a subject in a changing environment is most effective from the point of view of survival if the subject can form, maintain and use internal representations of the external world for decision-making. These representations are also called reflection in a broad sense. Using it, one can win in reflexive games since an internal representation of the enemy allows predicting their future moves. The goal is to assess the reflexive potential of heuristic model objects – artificial neural networks – in the reflexive games “Even-Odd” (or “Matching pennies”) and “Rock-Paper-Scissors”. We used homogeneous fully connected neural networks of small sizes (from 8 to 45 neurons). Games were played between neural networks with different configurations and parameters (size, step size for modifying weight coefficients). A set of reflexivity criteria is presented, corresponding to different levels of consideration: neuronal, behavioral, formal. The transitivity of formal success in the game is shown. The most successful configurations, however, may not meet other criteria of reflexivity. We hypothesize that the best compliance with the criteria and, as a consequence, universal success in reflection tasks is achievable for heterogeneous configurations with a structure in which the formation of hierarchical systems of attractors is possible.

Keywords: reflection; reflexive game; heuristic modeling; artificial neural networks; neural activity; attractors; default heuristics.

Введение

В меняющейся среде с множеством объектов, каковой является окружающий нас мир, решение основных задач выживания (поиск пищи, партнеров, группы, защита от хищников и конкурен-

тов и т.д.) более эффективно, если субъект способен формировать в своем внутреннем пространстве представление о мире и его составляющих [1]. Сохранение таких представлений – память – позволяет сопоставлять новые сведения с уже имеющимися, принимать решения на этом основании и действовать. Способность формировать, хранить и использовать представления, согласно классификации, приведенной в работе [2], соотносится с уровнем сознания С1, что также говорит о тесной связи данной способности с феноменом сознания. Внутреннее представление (репрезентация) внешнего мира также именуется рефлексией в широком смысле. С научной точки зрения рефлексия представляет интерес, поскольку ее наличие или отсутствие можно зафиксировать в ходе определенных задач. Свойства, присущие субъектам, демонстрирующим рефлексию, и сопутствующие ее проявлениям, могут рассматриваться как играющие важную (и даже ключевую) роль в появлении сознания.

Одна из задач, в которой наличие рефлексии у испытуемого обеспечивает выигрышное поведение, – рефлексивная игра. Это взаимодействие между двумя или более участниками, преимущество в котором получает тот, кто точнее предскажет поведение противника и будет действовать, основываясь на этом предсказании. Рефлексия в такой задаче рассматривается как формирование внутреннего представления о противнике и учет этого представления в собственном поведении. Однако помимо рефлексивного представления в рефлексивной игре может применяться статистическая оценка встречаемости конкретных комбинаций ходов (регрессионная «модель» противника), стандартная эвристика и случайный выбор ходов.

Рассмотрим эти способы в отдельности.

1) накопление статистических данных о часто встречающихся комбинациях ходов (т.е. паттернах поведения) может быть реализовано, например, с помощью «гадалки» (машины) Шеннона [3]. Этот алгоритм подразумевает накопление сведений о количестве повторений определенных комбинаций ходов в ячейках памяти. «Решение» о текущем ходе машины принимается по наибольшей величине в соответствующих игровой ситуации ячейках. Мы считаем, что, хотя алгоритмы такого типа формируют своего рода «представление» о поведении противника, основанное на вероятности ходов, их функционирование не является рефлексивным.

Сведения о противнике должны накапливаться достаточно долго, они «инертны» и неуниверсальны, т. к. относятся к текущему поведению конкретного противника;

2) стандартная эвристика (default heuristics, «эвристика по умолчанию») – это распространенная стратегия, позволяющая упростить принятие решений. В случае рефлексивных игр стандартная эвристика проявляется как выбор хода по правилу «выиграл – повтори ход, проиграл – смени» [4]. Хотя с точки зрения биологии и здравого смысла такой подход разумен, он не является рефлексивным, т. к. поведение противника при выборе хода не имеет значения и представление о нем не формируется;

3) случайный выбор ходов также может оказаться эффективным на коротких игровых сериях, т. к. делает поведение игрока непредсказуемым для противника. Однако при длительном взаимодействии случайные ходы, в соответствии с равновесием Нэша, гарантируют не выигрыш, а ничью. Данный подход также не предполагает наличия представлений о противнике. Наконец, известно, что полностью случайный выбор ходов для игрока-человека невозможен.

Настоящая работа посвящена моделированию рефлексии как функции, проявляющейся в ходе рефлексивной игры. Мы используем эвристический метод, предложенный Дж. фон Нейманом [5] и основанный на использовании эвристических модельных объектов – формальных и сконструированных, соответствующих в определенном смысле широкому классу реальных объектов. Данный метод позволяет выявлять ключевые закономерности в функционировании систем независимо от их конкретной структуры и свойств. В качестве эвристических модельных объектов в работе применяются искусственные нейронные сети (ИНС). Еще одно методологическое основание нашей работы – биофизический подход к проблеме, суть которого состоит в рассмотрении наиболее простых объектов, задач и ситуаций для выявления наиболее общих характеристик рассматриваемого явления. В соответствии с этим, мы используем гомогенные ИНС малых размеров (от 8 до 45 нейронов) и рефлексивные игры с простейшими правилами взаимодействия.

Цель работы заключается в оценке рефлексивного потенциала эвристических модельных объектов – искусственных нейронных сетей – в рефлексивных играх «Чет-нечет» и «Камень-ножницы-

бумага». Формирование, хранение и использование представлений о противнике происходит в пространстве нейронной активности ИНС, которая определяет текущее состояние ИНС и их игровое поведение. Анализ нейронной активности позволяет выявить характеристики, сопутствующие рефлексивному поведению ИНС.

Материалы и методы

В работе в качестве основной конфигурации ИНС использовались рекуррентные (полносвязные) нейронные сети малых размеров (8, 15, 30, 45 нейронов), с двумя входами и двумя выходами (в игре ЧН) или тремя входами и тремя выходами (в игре КНБ), без отдельного входного и выходного слоя. Такая структура ИНС является простейшей, что удовлетворяет условиям нашего подхода. Вычисление сигналов на нейронах ИНС производится согласно формулам:

$$\alpha_i^{n+1} = \frac{\rho_i^n}{a + |\rho_i^n|}, \rho_i^n = \sum_j w_{ij} \alpha_j^n + A_i^n,$$

где w_{ij} – матрица весовых коэффициентов, A_i^n – входные сигналы, α_i^n – выходной сигнал j -го нейрона в n -ый момент времени, a – константа, задающая крутизну активационной функции нейрона. Начальные значения в матрице весовых коэффициентов задавались с помощью генератора случайных чисел в диапазоне (-0.025; 0.025).

Обучение ИНС производилось с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. Для оценки качества функционирования ИНС использовалась квадратичная функция потерь:

$$C = \frac{1}{2} \sum_i (\alpha_i^n - \delta_i^n)^2,$$

где α_i^n – сигнал на выходных нейронах в момент времени n , δ_i^n – требуемый от сети сигнал в момент времени n .

Ранее было показано, что в рефлексивных играх рекуррентные (полносвязные) ИНС обладают преимуществом над слоистыми ИНС [6], на основании чего в дальнейших экспериментах применялись только рекуррентные конфигурации. Наличие обратных связей в структуре ИНС сопутствует наиболее эффективному (т.е. рефлексивному) игровому поведению, поскольку позволяет сохранять представления в пространстве нейронной активности.

Слоистые ИНС сохраняют сведения о предыдущих событиях в отдельном регистре – ячейках памяти, что сближает данные конфигурации с упомянутыми выше машинами Шеннона.

Для усиления обратных связей использовались также модифицированные конфигурации простых рекуррентных ИНС. В одном случае к имеющимся входам ИНС добавлялся еще один, на который поступал сигнал «1» или «-1» в соответствии с тем, выиграла данная ИНС или проиграла на предыдущем шаге игры. Предполагалось, что ИНС такой конфигурации будут способны оценить свою результативность, т.к. напрямую получают сигнал об успехе. В другом случае числовые сигналы, полученные ИНС на текущем шаге, обрабатывались не однократно, а дважды. Тем самым обеспечивалось наличие внутренних тактов функционирования ИНС, отличных от внешних – игровых. Такие ИНС способны выдать отклик именно на входной сигнал на текущем шаге, т.к. в течение внутренних тактов этот сигнал достигает выходов. ИНС без внутренних тактов нуждаются в двух игровых шагах, чтобы полноценно обработать полученный сигнал, в то время как отклик на него требуется от них мгновенно. Некоторые особенности функционирования модифицированных конфигураций ИНС описывались в работе [7].

Обозначения и свойства использованных модификаций ИНС приведены в таблице 1.

Таблица 1

Использованные в работе модификации ИНС

Название	Доп. вход	Временной режим
SRN (Simple Recurrent Network)	Нет	Такты функционирования совпадают с игровыми
SRN+	Да	
DTRN (Dual-Time Recurrent Network)	Нет	Есть внутренние такты
DTRN+	Да	

Рефлексивная игра «Чет-нечет» (ЧН) производится по следующим правилам. Игроки выбирают ход «0» или «1» независимо друг от друга, после чего их ходы сравниваются. Играющий за позицию «Чет» получает балл, если его ход совпал с ходом про-

тивника, играющий за позицию «Нечет» – если ходы не совпали. В случае ИНС, ход противника на предыдущем шаге игры становится входным стимулом на текущем шаге и подается на входы как «01» или «10».

Рефлексивная игра «Камень-ножницы-бумага» (КНБ) производится по следующим правилам. Игроки выбирают ход «0», «1» или «2» независимо друг от друга, после чего их ходы сравниваются. «0» (или «Камень») побеждает «1» («Ножницы»), «1» побеждает «2» («Бумага»), «2» побеждает «0». Аналогично ЧН, ход противника поступает на входы ИНС как «001», «010» или «100» на следующем шаге игры.

С точки зрения теории игр, ЧН является игрой с нулевой суммой, т.к. проигрыш одного игрока означает победу другого. Победитель получает балл на текущем ходе. В КНБ возможен еще один исход (ничья): когда игроки сделали одинаковый ход, тогда ни один из них не получает балл.

ИНС играли друг против друга в игры ЧН и КНБ. В режиме обучения все ИНС обладали модифицируемыми весовыми коэффициентами, начальные значения задавались с помощью генератора случайных чисел. В остальных режимах ИНС обладали фиксированными весовыми коэффициентами. Каждый набор характеристик играющих ИНС регистрировался для наборов из 500 шт. для статистической достоверности.

В работе [8] показано, что ИНС с конфигурацией типа SRN (т.е. наиболее простые из используемых) способны обучиться имитациям игр ЧН и КНБ. В этом случае противниками ИНС были четыре фиксированные последовательности ходов длины 12 тактов, имитирующие поведение квазипротивника. ИНС должны были действовать по игровым правилам, для чего требовалось быстро распознать, какая последовательность подается на вход в текущий момент, и сформировать подходящий отклик. Игровое взаимодействие ИНС с другими ИНС вместо фиксированных последовательностей – шаг к большему биологическому правдоподобию, т.к. оба игрока могут менять свое поведение в зависимости от ситуации, следовательно, потенциально способны к рефлексии в широком смысле.

Эксперименты проводились с помощью программных стендов, созданных нами для данного исследования в среде разработки Lazarus¹.

¹ <https://www.lazarus-ide.org>.

Результаты и обсуждение

При постановке экспериментов для достижения заданной цели мы столкнулись с рядом вопросов, требующих прояснения.

1. Какие условия будут в большей степени способствовать рефлексивному поведению: при допустимости или при запрете модификаций весовых коэффициентов (весов) ИНС?

Модификация весов происходит в режиме обучения и соответствует адаптивной подстройке самой структуры ИНС к текущей задаче. В таких условиях адаптивные возможности ИНС потенциально безграничны (т.к. веса могут становиться любыми, при достаточной продолжительности обучения), однако тогда осложняется сохранение представлений о противнике. Адаптивные возможности ИНС с фиксированными весами (после обучения) резко ограничены и определяются тем опытом взаимодействия, который был актуален в момент перед фиксацией, однако именно в таком режиме возможно отследить повторяющиеся паттерны поведения и нейронной активности ИНС, а также аттракторы – притягивающие множества в многомерном пространстве нейронной активности, к которым стремится состояние ИНС.

2. По каким критериям мы определим, что поведение играющих ИНС рефлексивно?

Поскольку рефлексия – наиболее эффективный способ решения задач типа рефлексивных игр, следует ожидать, что ИНС, демонстрирующие наличие рефлексии, будут успешнее прочих. Этот критерий был назван формальным и является основополагающим (какой смысл в рефлексии, если она не приводит к успеху?). Однако это не однозначный показатель рефлексивности, поскольку, как было сказано ранее, победа в игровой партии может достигаться и другими способами. Мы сформулировали набор критериев рефлексивности и на других уровнях рассмотрения помимо формального: поведенческом и нейрональном. Рассматривались следующие характеристики:

1) разнообразие игрового поведения. Учитывалось как количество комбинаций ходов длины 3 (ход ИНС – ход противника – следующий ход ИНС), встречающихся в игровой динамике ИНС хоть раз. Максимально возможное число комбинаций в игре ЧН – 8, в КНБ – 27. С точки зрения рефлексивности, предпочтительным являлось разнообразное поведение: если ИНС на протяжении всей

партии делает один и тот же ход («111...»), такое поведение нельзя назвать рефлексивным;

2) доля ходов, отклоняющихся от стандартной эвристики «выиграл – повтори ход, проиграл – смени». Учитывалось как количество использований комбинаций ходов, где после проигрыша ИНС следует смена хода, а после выигрыша ход повторяется. Предпочтительной являлась ситуация, когда в игровой партии более половины ходов отклоняются от стандартной эвристики;

3) вид аттрактора нейронной активности, возникающего при «свободном поведении» ИНС после одиночного иницирующего стимула. Данная характеристика определялась у ИНС с фиксированными весами вне игрового процесса и позволяла оценить стабильное внутреннее состояние данной ИНС. Возможные виды аттракторов: устойчивая точка, предельный цикл (произвольной длины), квазихаотический (неточечный непериодический аттрактор). Также определялся вид аттрактора, возникающего в ходе игры против другой ИНС, с фиксированными весами. Предпочтительными являлись квазихаотические аттракторы нейронной активности, поскольку известно, что функционирование на границе между упорядоченной и хаотической динамикой позволяет осуществлять вычисления оптимальным образом [9]. Кроме того, наличие квазихаотического аттрактора после иницирующего стимула свидетельствует о внутреннем состоянии ИНС, обладающем чувствительностью к малым изменениям среды. Такая система является менее «инертной», чем аналогичная с точечным или циклическим аттрактором;

4) корреляционная размерность аттракторов нейронной активности. Рассчитывалась по методу, описанному в [10], для ИНС во всех режимах функционирования: с модифицируемыми весами (обучение), с фиксированными весами, в «свободном поведении». Известно, что дробная размерность аттракторов свидетельствует о наличии хаотической компоненты в динамике системы. В свою очередь, точечные и циклические аттракторы имеют малые размерности, близкие к 0 или не определяемые данным методом. В связи с этим предпочтительными являются дробные размерности, превышающие 1.

Отмечено, что игровое поведение ИНС в двух режимах (с модифицируемыми и фиксированными весами) различается по всем критериям рефлексивности и описывается разными статистиче-

скими распределениями. На рисунке 1 показаны распределения баллов, полученных ИНС конфигурации SRN+ (15 нейронов, шаг модификации весов 0.01) в обеих играх и режимах.

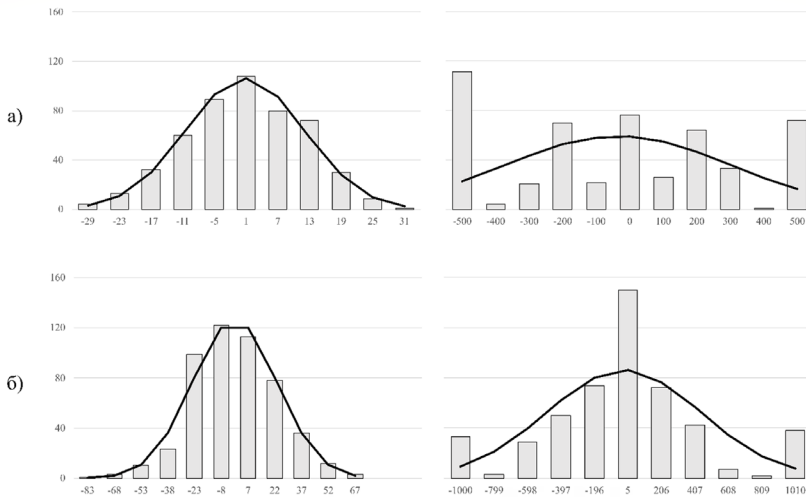


Рисунок 1. Распределения баллов, полученных наборами из 500 ИНС конфигурации SRN+ (15 нейронов, шаг модификации весов 0.01):

а) игра ЧН, слева направо: модифицируемые веса, фиксированные веса;

б) игра КНБ, аналогично. Гистограммы соответствуют экспериментальным данным, кривые – теоретическим (нормальное распределение)

Разнообразие возможностей возникает за счет начальной генерации весовых коэффициентов ИНС с помощью генератора случайных чисел, а в процессе игры система, которой является ИНС, обладает пороговой чувствительностью при формировании поведенческого отклика. Ход ИНС определяется исходя из того, на каком из выходных нейронов регистрируется больший сигнал, но не указывается минимально допустимая величина различия сигналов (т.е. нет варианта ответа «Пас»). Поэтому в системе, несмотря на детерминированность процесса после генерации начальных пара-

метров, возникают непредсказуемые (или, в терминах синергетики, катастрофические) события. Для описания подобных систем используется, например, модель песчаной кучи [11]. Известно, что для систем данного типа характерно наличие $1/f$ -шума, который также регистрируется в активности мозга, причем на разных уровнях организации [12]. Исходя из этого, у отдельных реализаций ИНС был проверен спектр нейронной активности в ходе рефлексивных игр (ЧН, КНБ) и получено, что $1/f$ -шум может появляться как у отдельных нейронов в составе ИНС, так и у совокупности всех нейронов (суммарная нейронная активность). Данный факт демонстрирует наличие еще одной «точки соприкосновения» между реальным объектом – биологической нейронной сетью, способной к рефлексии, и эвристическим модельным объектом – ИНС. Статистические показатели возникновения $1/f$ -шума у ИНС в ходе решения задач на рефлексии планируется определить в будущей работе.

3. Какова роль противника при формировании рефлексивного поведения?

Особенность рефлексивной игры как задачи для ИНС заключается в наличии второго «испытуемого» – ИНС-противника. Ходы противника напрямую учитываются при подсчете разнообразия поведения ИНС, т.к. включены в рассматриваемые комбинации ходов и влияют на их вариативность. Кроме того, существует представление о рангах рефлексии, согласно которому успешное рефлексивное поведение возможно только в том случае, если ранг рефлексии у игрока превышает таковой у противника (но не слишком сильно, т.к. иначе имеет место «overthinking» – чрезмерная обработка сигналов, не дающая выигрыша). Чтобы оценить вклад действий противника в поведение рассматриваемых ИНС, мы проводили игры между ИНС конфигураций SRN+ и DTRN+ (см. Материалы и методы) с фиксированным набором параметров (количество нейронов, шаг обучения) против ИНС тех же конфигураций, но разных размеров. Анализ по критериям рефлексивности, приведенным выше, показал, что почти все рассматриваемые характеристики ИНС (разнообразие поведения, доля отклоняющихся от стандартной эвристики ходов, размерность аттрактора в режиме: обучения против других ИНС, фиксации весов против других ИНС, после иницирующего стимула после обучения против других ИНС) имеют близкие значения при

изменении размера ИНС-противников. Существенные изменения наблюдаются только в количестве квазихаотических аттракторов в режимах: против других ИНС с фиксированными весами, после иницирующего стимула после обучения против других ИНС (см. таблицу 2).

Таблица 2

**Количество квазихаотических аттракторов
(из 500 реализаций) при изменении размеров ИНС-игроков
и их противников**

	Кто с кем играл	SRN+		DTRN+	
		Против других сетей	«Свободный режим»	Против других сетей	«Свободный режим»
Игра «Камень-ножницы-бумага»	8vs8	0	16	0	14
	8vs15	139	22	34	8
	15vs15	9	284	0	278
	15vs30	5	284	0	268
	15vs8	3	262	0	252
	30vs15	115	350	20	340
	30vs30	194	356	19	346
Игра «Чет-нечет»	8vs8	1	10	0	123
	8vs15	80	8	22	96
	15vs15	1	19	0	175
	15vs30	2	24	0	159
	15vs8	2	33	0	200
	30vs15	17	91	3	329
	30vs30	10	68	1	291

В таблице 2 можно увидеть, что количество квазихаотических аттракторов при изменении размера противника меняется наиболее заметно для 8-нейронных SRN+ и DTRN+. Данная характеристика у 15- и 30-нейронных ИНС имеет достаточно близкие значения независимо от размера противников. Интерпретация этого феномена пока что неясна.

Также видно, что количество квазихаотических аттракторов во всех рассмотренных примерах больше у 30-нейронных ИНС, чем у 15-нейронных. Мы полагаем, что ИНС большего размера обладают большим потенциалом к разнообразному поведению в широком спектре игровых ситуаций, т.к. имеют большее внутреннее пространство для формирования и хранения представлений о поведении противника. Исходя из этого, увеличение количества квазихаотических аттракторов при увеличении размера ИНС в режиме игры против других сетей может говорить о том, что большие ИНС могут действовать неперiodично, несмотря на ограничения из-за фиксированных весов; а в «свободном режиме» после инципирующего стимула – свидетельствует о большей размерности внутреннего пространства ИНС.

4. Существуют ли универсальные характеристики, соответствующие рефлексивному поведению?

Подходя к данному вопросу, стоит рассмотреть также такую формулировку: рефлексивность – это свойство игрока (в данном случае, ИНС) или его поведения (которое определяется совокупностью характеристик игрового процесса)?

Если возможно выделить тип ИНС, универсально хорошо справляющихся с рефлексивными задачами, то логично полагать, что такие ИНС обладают собственными свойствами, обуславливающими этот успех. Рефлексивность их поведения в ходе решения задач является следствием этих свойств, и в таком случае мы можем говорить о рефлексивности (рефлексивном потенциале) самих ИНС.

Чтобы проверить возможность выделения таких ИНС, мы провели круговой турнир между ИНС конфигураций SRN, SRN+, DTRN, DTRN+ (см. Материалы и методы) разных размеров (15, 30, 45 нейронов), в режиме модифицируемых весов. Были подобраны оптимальные величины шагов модификаций весов для каждой конфигурации и размера, с помощью предварительных игр против референсной конфигурации (15-нейронные SRN с шагом модификации весов 0.003). Определено, что для большинства используемых конфигураций и размеров оптимален шаг 0.01.

Режим модифицируемых весов был выбран для кругового турнира, поскольку он обеспечивает, с одной стороны, максимальную способность ИНС к адаптации, а с другой – позволяет получить распределения характеристик, близкие к нормальному (см. рису-

нок 1). Турнирная таблица для игр ЧН и КНБ представлена в таблице 3.

Таблица 3

**Набранные баллы в результате кругового турнира
различных конфигураций и размеров ИНС,
в режиме модифицируемых весов**

Игра «Чет-нечет»			Игра «Камень-ножницы-бумага»		
Конфигурация и количество нейронов ИНС	Сумма баллов	Ошибка среднего	Конфигурация и количество нейронов ИНС	Сумма баллов	Ошибка среднего
DTRN+30	403	1	SRN+15	601	2
DTRN+45	401	2	DTRN+15	256	2
SRN+15	329	1	SRN15	227	2
DTRN+15	281	1	DTRN+45	139	2
DTRN45	67	1	DTRN30	123	2
SRN+45	-5	1	DTRN+30	79	2
SRN30	-50	1	SRN30	-102	3
SRN15	-64	1	SRN+45	-107	2
SRN+30	-134	1	DTRN15	-192	2
DTRN30	-186	1	SRN+30	-201	2
SRN45	-431	1	DTRN45	-344	2
DTRN15	-552	1	SRN45	-475	2

По турнирной таблице легко видеть, что наиболее успешными в круговом турнире в обеих играх оказались ИНС конфигурации SRN+ и DTRN+. Следовательно, мы можем предположить, что они обладают свойствами, способствующими возникновению рефлексивного поведения. Однако по результатам игр ИНС данных конфигураций против противников тех же конфигураций, но разных размеров, было определено, что характеристики ИНС на поведен-

ческом уровне рассмотрения (разнообразии поведения и доля отклоняющихся от стандартной эвристики ходов), а также размерности аттракторов нейронной активности на нейрональном уровне не во всех случаях соответствуют предпочтительным.

Мы полагаем, что при условии соответствия всем названным критериям рефлексивности игрок-ИНС может демонстрировать универсальный успех в играх с разными типами противников, в том числе, возможно, с другими алгоритмами и даже людьми. Однако приведенный выше результат свидетельствует о том, что по крайней мере среди рассмотренных конфигураций и параметров простейших гомогенных ИНС нет такой комбинации, которая позволяла бы получить универсально успешного игрока. Задаваясь вопросом, чего может не хватать для этого данному модельному объекту, мы предполагаем, что лучший результат можно получить при наличии способности формировать представления о противнике в разных временных масштабах. Такой объект должен обладать несколькими структурно обособленными «уровнями», в рамках каждого из которых строится свое представление. В этом случае станет возможным улавливать не только сиюминутные или, наоборот, наиболее масштабные тренды, но и некоторые промежуточные. Подобная иерархия представлений может анализироваться как система аттракторов нейронной активности разного уровня. Сложные системы аттракторов в настоящее время рассматриваются в биологических нейронных сетях [13].

Результаты кругового турнира также можно представить в виде схем, показывающих, над какими противниками каждая из конфигураций одержала победу (см. рисунок 2).

Схемы побед на рисунке 2 показывают наличие транзитивности у игроков-ИНС в данных рефлексивных играх (если игрок А побеждает игрока Б, а игрок Б побеждает игрока В, то игрок А побеждает игрока В). Такую цепочку можно отследить, например, в игре ЧН (рисунок 2а): SRN+15 побеждает SRN15, а SRN15 побеждает SRN45, при этом SRN+15 побеждает SRN45. Аналогичная цепочка присутствует и в игре КНБ (рисунок 2б). Этот факт также свидетельствует в пользу существования свойств, универсально способствующих проявлению рефлексии у обладающего ими объекта.

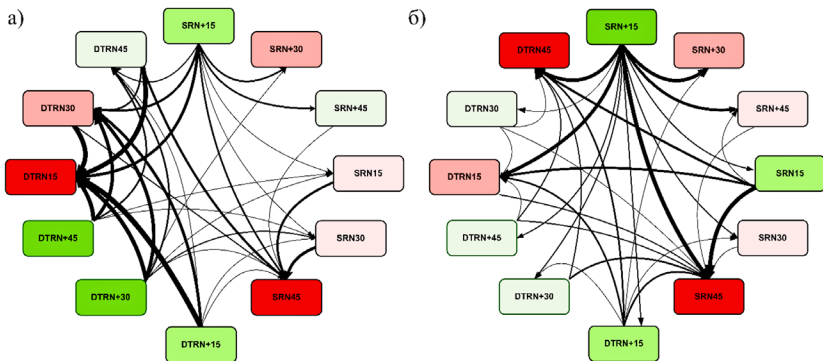


Рисунок 2. Схемы побед каждой из конфигураций, участвовавших в круговом турнире: а) в игре ЧН, б) в игре КНБ. Стрелка, ведущая от конфигурации А к конфигурации Б, показывает, что А побеждает Б. Толщина стрелки указывает на относительную величину выигрыша. Отсутствие стрелки между конфигурациями говорит о ничьей (суммарный балл близок к нулю). Цвет панелей с обозначениями конфигураций указывает на их место в турнирной таблице (темно-зеленый – первые места, темно-красный – последние, светлые оттенки – промежуточное положение)

Заключение

В настоящей работе, посвященной оценке рефлексивного потенциала эвристических модельных объектов – искусственных нейронных сетей (ИНС) – в рефлексивных играх «Чет-нечет» и «Камень-ножницы-бумага», приводится лишь часть наших наблюдений и рассуждений по данной теме. Показано, что рефлексивность игроков-ИНС необходимо оценивать по ряду критериев, относящихся к различным уровням рассмотрения: формальному, поведенческому, нейрональному. Среди конфигураций простейших ИНС малых размеров (от 8 до 45 нейронов) не удалось найти такую, которая обладала бы характеристиками, удовлетворяющими всем приведенным критериям рефлексивности. Требования по отдельным критериям при этом могут выполняться. В случае игры

ИНС против других ИНС, характеристики по большинству критериев практически не меняются. Исключение составляет формальный критерий (количество набранных баллов), а также количество ИНС в выборке, обладающих квазихаотическим аттрактором нейронной активности в режиме игры против других ИНС с фиксированными весовыми коэффициентами и в «свободном поведении» после одиночного иницирующего стимула. Наличие квазихаотического аттрактора внутреннего состояния объекта говорит о его чувствительности к малым изменениям стимулов, что представляется ценным для эффективного реагирования в условиях меняющейся среды. Подводя итог, мы заключаем, что рассмотренные нами эвристические модельные объекты в задачах, решение которых наиболее эффективно при наличии рефлексии, могут демонстрировать отдельные признаки рефлексивного поведения. Однако они, по-видимому, все же слишком просты для соответствия всем описанным критериям, что, по нашему предположению, являлось бы ключом к универсальному успеху в рефлексивных задачах. Дальнейшие исследования по данной теме мы планируем посвятить модельным объектам, способным к формированию иерархических систем представлений.

Литература

1. *Land M. F.* Do we have an internal model of the outside world? // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* – 2014. – Vol. 369, No 1636. – P. 20130045.
2. *Dehaene S., Lau H., Kouider S.* What is consciousness, and could machines have it? // *Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy.* – 2021. – P. 43-56.
3. *Breazu M., Volovici D., Morariu D. I., Crețulescu R. G.* On Hagelbarger's and Shannon's matching pennies playing machines // *International Journal of Advanced Statistics and IT&C for Economics and Life Sciences.* – 2020. – Vol. 10, No 1. – P. 56-66.
4. *Wang Z., Xu B., Zhou H. J.* Social cycling and conditional responses in the Rock-Paper-Scissors game // *Scientific reports.* – 2014. – Vol. 4, No 1. – P. 5830.
5. *Фон Нейман Дж.* Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971. – С. 382. (Von Neumann J. *Theory of self-reproducing automata.* – М.: Mir, 1971. – P. 382.)
6. *Bartsev S., Markova G.* Recurrent and multi-layer neural networks playing “Even-Odd”: reflection against regression // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – IOP Publishing, 2020. – Vol. 734, No 1. – P. 012109.

7. *Bartsev S.I., Markova G.M.* Does a Recurrent Neural Network Use Reflection During a Reflexive Game? // International Conference on Neuroinformatics. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 148-157.
8. *Markova G.M., Bartsev S.I.* Does a Recurrent Neural Network Form Recognizable Representations of a Fixed Event Series? // International Conference on Neuroinformatics. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2023. – P. 206-213.
9. *Bertschinger N., Natschläger T.* Real-time computation at the edge of chaos in recurrent neural networks // Neural computation. – 2004. – Vol. 16, No 7. – P. 1413-1436.
10. *Grassberger P., Procaccia I.* Measuring the strangeness of strange attractors // Physica D: nonlinear phenomena. – 1983. – Vol. 9, No 1. – P. 189-208.
11. *Bak P., Tang C., Wiesenfeld K.* Self-organized criticality: An explanation of the $1/f$ noise // Physical Review Letters. – 1987. – Vol. 59. – P. 381-384.
12. *He B.J.* Scale-free brain activity: past, present, and future // Trends in cognitive sciences. – 2014. – Vol. 18, No 9. – P. 480-487.
13. *Zhang M., Sun Y., Saggat M.* Cross-attractor repertoire provides new perspective on structure-function relationship in the brain // Neuroimage. – 2022. – Vol. 259. – P. 119401.

УДК 165.12

DOI 10.17726/phillТ.2023.2.6



Связь тела и сознания: как мозг управляет телесными реакциями

Преснякова Виктория Михайловна,
преподаватель,
Кубанский государственный университет
Краснодар, Россия
presnyakova.victoria@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена изучению особенностей функционирования связи между мозгом и телом, анализу возможных нарушений передачи информационных импульсов от мозга к телу и рассмотрению причин искажения и дефектов осуществления данной связи. Специфика связи между мозгом и телом рассматривается с точки зрения различных областей: нейрофизиологической, анатомической, психологической. Приведены примеры искажения связи и причины некорректной передачи реакции. Проведен анализ всевозможных факторов, влияющих на осуществление рассматриваемой связи, перечислены различные виды нарушений, представлены методы корректировки данных нарушений. Результатом данного исследования является структурирование информации о функционировании связи между мозгом и телом, рассмотрение всех частных случаев дефектности данной связи и объяснение причин их появления. Статья принесет практическую пользу специалистам в сфере нейробиологии.

Ключевые слова: нейробиология; мозг; телесные реакции; психологическая травма; нейрон; нейронная связь.

Connection of body and mind: How the brain controls body reactions

Presnyakova Victoria Mikhailovna,
Lecturer,
Kuban State University
Krasnodar, Russia
presnyakova.victoria@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the study of the peculiarities of the functioning of the connection between the brain and the body, the analysis of possible disturbances in the transmission of information impulses from the brain to the body and consideration of the causes of distortion and defects in the implementation of this connection. The specifics of the connection between the brain and the body are considered from the point of view of various areas: neurophysiological, anatomical, psychological. Examples of communication distortion and reasons for incorrect transmission of the reaction are given. An analysis of all possible factors influencing the implementation of the connection under consideration is carried out, various types of violations are listed, and methods for correcting these violations are also presented. The result of this study is the structuring of information about the functioning of the connection between the brain and the body, consideration of all special cases of defectiveness of this connection and an explanation of the reasons for their occurrence. The article will be of practical benefit to specialists in the field of neurobiology.

Keywords: neurobiology; brain; bodily reactions; psychological trauma; neuron; neural connection.

Связь мозга и тела является предметом особого интереса ученых уже на протяжении длительного времени. Давно известно, что мозг отвечает за работу и контроль всех процессов в теле и сознании, следовательно, любые физические реакции и процессы, происходящие в нашем теле, напрямую связаны с работой нашего мозга. В 1940-х годах доктор Уайлдер Пенфилд, канадский нейрохирург, сформировал изображение карты тела человека в мозге, которое получило название «кортикальный гомункулус». Данный термин довольно широко известен среди специалистов, работающих в сфере нейробиологии.

Появление такой карты послужило серьезным доказательством связи мозга и тела человека, поскольку подтвердило, что для каждой части тела человека есть отдельная область контроля в мозге. В качестве примера здесь мы можем рассмотреть осознанные и автоматические действия: движения конечностями, пережевывание пищи, дыхание, физические упражнения, обыденные повседневные действия, но также в этой связи мы можем рассматривать рефлекторные и бессознательные действия, например группировка тела при неожиданном падении, закрытие глаз при угрозе их повреждения, учащение дыхания и сердцебиения при

чувстве опасности. Все вышеперечисленные телесные реакции помогают нам выживать и оставаться в безопасности, но они также могут послужить причиной огромных трудностей. Если осознанные реакции мы можем контролировать и останавливать их при необходимости, то бессознательные реакции не всегда можно предотвратить, особенно в случаях повреждения карты тела в мозге вследствие физических или психологических травм, посттравматического стрессового расстройства, затяжных неврологических заболеваний. В вышеуказанных случаях части мозга, отвечающие за моторику и сенсорику, начинают работать некорректно, что приводит к произвольным движениям и неприятным ощущениям в теле, не имеющим явную анатомическую причину. В таких случаях крайне важно понимать специфику связи нашего мозга и тела, чтобы иметь возможность находить источник нарушения, корректировать его и помогать пациентам с подобными случаями чувствовать себя лучше.

Таким образом, целью данного исследования является определение особенностей функционирования связи между мозгом и телом и возможных нарушений передачи информационных импульсов от мозга к телу. Результаты исследования могут быть использованы учеными-нейробиологами, а также врачами-неврологами для построения более полной картины при анализе состояния человека с выявленными нарушениями связи между мозгом и телом.

Специфику функционирования связи между мозгом и телом необходимо начинать рассматривать с анализа особенностей строения головного мозга и физиологической особенности передачи импульса от мозга телу.

В 1937 году Уайлдер Пенфилд опубликовал результаты своих исследований, которые подтверждали теорию о том, что в мозге человека находятся отпределенные зоны, отвечающие за ту или иную область тела. Результаты своих исследований доктор Пенфилд представил в виде изображения «человека коры головного мозга», которое иллюстрирует концепт репрезентации «искаженного» тела в мозге человека. Поскольку Уайлдер Пенфилд в процессе своих исследований подтвердил теорию о том, что нервные волокна, передающие соматосенсорную информацию по всему телу, заканчиваются в определенных частях теменной доли коры головного мозга и тем самым образуют репрезентацию карты тела,

теории о том, что мозг и сознание управляют телом, получили свои неопровержимые доказательства. И впоследствии изучение связи между телом и мозгом было основано на карте тела в мозге, сформированной Уайлдером Пенфилдом [4].

С целью более полного понимания принципов формирования связи между мозгом и телом следует подробно рассмотреть особенности строения головного мозга и принципы передачи импульсов от мозга к телу.

Мозг человека имеет сложную структуру и состоит из множества различных областей, каждая из которых отвечает за определенные функции. Одним из ключевых компонентов мозга является кора головного мозга, которая контролирует мышцы и ощущения по всему телу. Кора головного мозга разделена на различные отделы, отвечающие за определенные части тела. Например, передняя часть коры головного мозга, называемая моторной корой, отвечает за движение и координацию мышц, включая мышцы рук, ног и лица. Соседние области коры головного мозга, называемые сенсорной корой, отвечают за ощущения. Они получают информацию о прикосновениях, температуре и других физических стимулах от разных частей тела. Затылочная доля сенсорной коры отвечает за ощущения в области головы, шеи и предплечья.

Внутри мозга также находятся различные ядра и тракты, которые передают сигналы между мозгом и телом. Например, пирамидальная система отвечает за передачу сигналов от мозга к мышцам и контролирует их движение.

В целом мозг человека содержит карту тела, которая отражает распределение различных частей тела на коре головного мозга. Эта карта, называемая соматотопической картой, основана на принципе того, что части тела, требующие более частых или сложных движений, занимают больше места на коре головного мозга. Например, руки и лицо занимают больше места на моторной коре, чем более крупные части тела, такие как ноги или туловище [3].

В процессе передачи информации от мозга к телу основную роль играет нейронная связь, которая является главным передатчиком информации в виде нейронных импульсов по всему телу. Нейронная связь от мозга к телу осуществляется с помощью нервной системы. Нервная система состоит из множества нервных клеток, или нейронов, которые передают электрические импульсы и химические сигналы по всему организму. Процесс передачи сигналов

начинается с мозга, где нервные импульсы возникают в специальных областях, называемых нейронами. Эти импульсы проходят через аксоны нейронов, которые являются электрически проводящими «кабелями» нервных клеток. Далее импульсы переходят к синапсам, которые являются разъединениями между нейронами. В синапсах электрические импульсы преобразуются в химические сигналы в виде нейромедиаторов, таких как норадреналин или ацетилхолин. Эти химические сигналы переносятся через пространство между синапсами, называемое синаптической щелью. По достижении синаптической щели химические сигналы активируют рецепторы на мембране следующего нейрона и возбуждают его. Затем сигнал продолжает свое движение по телу путем активации последующих нейронов и передачи импульсов через сеть нервных волокон и нервных путей.

Окончательное связывание между мозгом и телом достигается через периферическую нервную систему (ПНС). Периферическая нервная система состоит из специализированных нервных волокон, которые расходятся от центральной нервной системы и достигают всех частей тела. Эти нервы передают сигналы обратно к мозгу и контролируют движение мышц, ощущения и другие функции организма [5].

Проанализировав представленную информацию о структуре и способах функционирования связи между мозгом и телом, можно прийти к выводу, что любой процесс, происходящий в мозге, так или иначе влияет на телесные реакции. Также этот принцип действует в обратном направлении: каждое изменение в теле отражается в головном мозге. Данный фактор очень важно учитывать при анализе работы тела и проявления телесных реакций.

Нервные импульсы могут быть сознательными и бессознательными, и в этом заключается их основное различие.

Процессы нейронной связи могут происходить как сознательно, так и бессознательно, в зависимости от вида и характеристик сигналов, передаваемых между нейронами. Рассмотрим несколько примеров:

1. **Сознательные процессы.** Некоторые нейронные связи происходят сознательно и они связаны с нашим осознанием и волевым контролем. Например, когда вы решаете поднять руку или сделать какое-то действие, мозг посылает сигналы через нейронные пути, чтобы активировать соответствующие мышцы. Это сознательный

процесс, поскольку вы осознаете свои действия и управляете ими своей волей.

2. Бессознательные процессы. Однако большая часть нейронных связей и процессов в нашем организме происходит без внимания или участия нашего сознательного разума. Например, активность сердечнососудистой системы, дыхательной системы, пищеварительной системы и многих других органов регулируется автоматически через соответствующие рефлексы. Эти процессы осуществляются без нашего сознательного влияния и осознания.

3. Подсознательные процессы. Также существуют подсознательные процессы, которые происходят между сознанием и бессознательными функциями. К ним относятся, например, автоматические реакции на определенные стимулы, условные рефлексы и интуитивные решения. Эти процессы могут происходить без прямого сознательного вмешательства, но могут влиять на наши реакции и поведение.

Таким образом, нейронные связи и процессы могут быть как сознательными, так и бессознательными, их разделение зависит от степени осознания, контроля и влияния, которые мы осуществляем на них.

При нарушении карты тела в мозге как сознательные, так и бессознательные реакции в теле могут происходить некорректно, передавая неправильный импульс в тело, что приводит к неправильному или несвоевременному действию. Так, в состоянии усталости, после долгой деятельности, требующей высокой концентрации внимания, человек может не замечать предметы, находящиеся у него на пути, и, например, сталкиваться с ними. Это означает, что области мозга, отвечающие за проприоцепцию, передали поздний импульс и тело не успело среагировать вовремя и сделать соответствующий маневр, чтобы уклониться от препятствия.

Пациенты, страдающие от последствий психологической травмы, также могут испытывать ложные чувства и реакции. Например, они могут ощущать напряжение в теле, мышечные спазмы в определенных частях тела, которые были задействованы во время переживания травмы. Поскольку информация о травмирующем событии отпечаталась в их мозге, сознание передает информацию об опасности в тело, даже если человек на настоящий момент находится в безопасности [1].

Психологическая травма может значительно влиять на теле-

сные реакции человека. Это связано с тем, что наша психика и физическое тело тесно взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом. Вот несколько способов, которыми психологическая травма может влиять на телесные реакции:

1) физиологические изменения: психологическая травма может вызывать физиологические изменения в организме. Например, уровень стрессовых гормонов, таких как кортизол, может повышаться, что может привести к появлению физических симптомов, таких как бессонница, учащенное сердцебиение, повышенное давление, головные боли и проблемы с пищеварением;

2) соматизация: психологическая травма может привести к соматизации – проявлению физических симптомов без определенной медицинской причины. Это могут быть боли в различных частях тела, мышечные напряжения, повышенная чувствительность к боли, головные боли и другие физические симптомы, которые не могут быть объяснены органическими причинами;

3) повышенная чувствительность: при психологической травме люди могут стать более чувствительными к физическим ощущениям. Они могут сильнее реагировать на боль или другие стимулы, что может привести к увеличению физической неприятности и дискомфорта;

4) иммунные изменения: сильный стресс и психологическая травма могут также повлиять на иммунную систему организма, делая его более уязвимым к инфекциям и заболеваниям;

5) посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР): одной из типичных реакций на психологическую травму является ПТСР, которое может проявляться в виде повторных навязчивых мыслей, кошмаров, сенсорных переживаний, эмоциональных и физических реакций на триггерные события.

Эти изменения в телесных реакциях являются способом, которым наше тело отвечает на значительный психологический стресс и пытается справиться с ним. Они также могут служить как сигналы о необходимости психологической поддержки и помощи для снятия влияния психологической травмы [1].

Поэтому очень важно разграничивать сознательные реакции и бессознательные, поскольку реакциями, выходящим из зоны нашего контроля, невозможно управлять, а следовательно, их невозможно вовремя остановить и предотвратить, их проявление может приносить значительный дискомфорт пациенту, имеющему нару-

шения в карте тела в мозге. Для осуществления более тщательного контроля над реакцией необходимо переводить ее в область осознания и уже не предоставлять ей возможность действовать стихийно, а замечать ее и уметь вовремя скорректировать и остановить. Для более полного понимания функционирования сознательных и бессознательных реакций необходимо четко ориентироваться в определении этих действий.

Сознательные и бессознательные реакции в теле отличаются по степени осознания и контроля со стороны человека. Рассмотрим следующие примеры.

Сознательные реакции: реакции происходят с волевым участием и осознанием человека. Они требуют активной мыслительной и физической деятельности. Например, добровольное движение рук или ног, контролируемое дыхание или какое-либо специфическое движение, такое как игра на инструменте.

Бессознательные реакции: эти реакции происходят без внимания или участия сознательного разума. Они являются автоматическими и рефлекторными. Примеры бессознательных реакций включают рефлексы, такие как зрачковый или суставный, а также автоматическое дыхание, сердцебиение и другие внутренние физиологические процессы. Бессознательные реакции могут быть вызваны внешними стимулами или внутренними физиологическими процессами без непосредственного участия сознания.

Подсознательные реакции: эти реакции находятся между сознательными и бессознательными. Они не полностью осознаются, однако могут повлиять на поведение и физическую активность человека. Например, интуитивное решение, неосознаваемая подсознательная реакция на определенную ситуацию или отклик на эмоциональное воздействие, вызванный бессознательными механизмами.

Важно отметить, что границы между сознательными, подсознательными и бессознательными реакциями не всегда четкие. Некоторые реакции могут проявляться на самом деле на разных уровнях одновременно, а наша осознанность и влияние на них может меняться в зависимости от контекста, опыта и развития личности [2].

Последствием физической и психологической травмы могут служить искажение карты тела в мозге и сохранение негативных эмоций в теле, что в свою очередь прямым образом в дальнейшем будет связано с деформацией реакций в мозге и теле.

Искаженная карта тела в мозге может возникать в результате различных патологических состояний или повреждений, которые влияют на нормальную обработку сенсорной информации в мозге. Это может приводить к неправильному восприятию и ощущению различных частей тела. Некоторые примеры искаженной карты тела включают:

Фантомную конечность – состояние, происходящее после ампутации конечности, когда мозг продолжает воспринимать наличие отсутствующей части тела, человек может испытывать ощущения, боли или судороги в отсутствующей конечности.

Комплекс синдрома идентификации расстройства телосложения (BID) – в этом состоянии люди искаженно воспринимают свои физические черты или размеры тела. Они могут считать себя толще, менее пропорциональными или иметь искаженное представление о своем теле.

Застывшие эмоции в теле могут означать накопление и непроявление чувств. Когда мы подавляем или не выражаем свои эмоции, они могут «застыть» и сохраняться в нашем теле. Это может происходить из-за страха, неуверенности, обиды или других негативных эмоций, которые мы не осознаем или не умеем обрабатывать.

Застывшие эмоции могут иметь различные физические проявления, такие как напряжение или болезненные ощущения в определенных частях тела, ощущение тяжести или скованности, снижение энергии, проблемы с дыханием и т.д.

Распознавание и осознание застывших эмоций в теле важно для их расслабления и освобождения. В этом помогают различные методы, такие как медитация, йога, терапия тела, массаж, дыхательные практики и другие инструменты самоусмирения и самопознания. Консультация с профессионалом может помочь в этом процессе, особенно если застывшие эмоции вызывают значительные проблемы в жизни или здоровье [1].

Поскольку застывшие эмоции также оказывают влияние на наше тело и провоцируют некорректные и нежелательные ощущения, очень важно их вовремя выявлять, прорабатывать, для облегчения симптома и ощущений в теле.

Результатом данного анализа является вывод о том, что между мозгом и телом существует очень сильная связь и происходящие в них процессы непосредственно зависят друг от друга.

Также очень важно учитывать случаи нарушения и искажения этой связи, вследствие полученных травм, корректировать их, выводить на осознанный уровень. Благодаря проанализированной информации и выводам пациенты, имеющие подобные нарушения, а также специалисты, работающие с ними, смогут изучить и выстроить для себя более полную картину реакций с целью успешной корректировки и лечения описываемого состояния.

Литература

1. *Бессел ван дер Колк*. Тело помнит все. Какую роль психологическая травма играет в жизни человека и какие техники помогают ее преодолеть. – М.: Эксмо, 2014. – 464 с.
2. *Дэниел Гоулман*. Эмоциональный интеллект; пер. с англ. А. П. Исаевой. – М.: АСТ: АСТ МОСКВА; Владимир: ВКТ, 2009. – 478 с.
3. *Савельев С. В., Негашева М. А.* Практикум по анатомии мозга человека: учеб. пособие для студентов вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВЕДИ, 2005. – 200 с.
4. *Блейксли С.* Фантомы мозга. – М.: Издательство АСТ, 1998. – 235 с.
5. *Шульговский В. В.* Основы нейрофизиологии: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 277 с.

УДК 165.3

DOI 10.17726/phillIT.2023.2.7



Особенности проектирования системы, генерирующей контрольно-тестовые задания¹

Рябинин Александр Евгеньевич,

технический директор, продуктовый директор «Лабмедиа»,

преподаватель кафедры теории и истории педагогики,

Ярославский государственный

педагогический университет им. К. Д. Ушинского

Ярославль, Россия

aeryabinin@gmail.com

Аннотация. В статье описываются возможности использования и модификации существующих технологий машинного обучения в области обработки естественного языка с целью проектирования системы автоматической генерации контрольно-тестовых заданий (КТЗ). Причиной для подобных исследований стали ограничения в генерации минимально необходимого количества КТЗ для поддержания вовлеченности обучающихся в игровых форматах обучения, таких как квизы, викторины и др. Эти ограничения связаны с дефицитом временных ресурсов у профессионалов в области обучения для ручной генерации КТЗ. В статье рассматриваются прикладные исследования технологий Large Language Model (LLM) и Generative pre-trained transformer (GPT) для разработки системы автоматической генерации КТЗ с целью ее внедрения в платформу геймифицированного обучения VoxBattle. Результатом подобных прикладных исследований может стать система автоматической генерации КТЗ, которая позволит сократить время на разработку КТЗ. Как следствие, это позволит педагогам высвободить время для реализации персонализированного подхода в обучении и развития гибких навыков обучающихся.

Ключевые слова: система тестирования; тестовое задание; геймификация; генерация текста; языковая модель; нейросеть; искусственный интеллект.

¹ Примечание: Несмотря на то, что нижеследующий текст не вполне соответствует жанру научной статьи, редакция журнала PhillIT&S приняла положительное решение о публикации в связи с актуальностью поднимаемых вопросов. Читатель найдет здесь готовые инструкции по разработке, что уже само по себе является ценным (П. Н. Барышников).

Education Testing System by Artificial Intelligence

Ryabinin Alexander E.,

*Technical director, product director of «Labmedia»,
Lecturer at the Department of Theory and History of Pedagogy,
Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky
Yaroslavl, Russia*

aeryabinin@gmail.com

Abstract. The article describes the possibilities of using and modifying existing machine learning technologies in the field of natural language processing for the purpose of designing a system for automatically generating control and test tasks (CTT). The reason for such studies was the limitations in generating the minimum required amount of CT to maintain student engagement in game-based learning formats, such as quizzes, and others. These limitations are associated with the lack of time resources among training professionals for manual generation of tests. The article discusses the applied research of the Large Language Model (LLM) and Generative pre-trained transformer (GPT) technologies for the development of a system for automatic generation of tests for the purpose of its implementation in the BoxBattle gamified learning platform. The result of such applied research can be a system for automatic generation of tests, which will reduce the time for developing tests. As a result, this will allow teachers to free up time to implement a personalized approach to teaching and develop students' soft skills.

Keywords: testing system; test; gamification; text generation; language model; neural network; artificial intelligence.

Введение

Тестирование как форма контроля знаний коррелирует с факторами повышения стресса. Так, у обучающихся перед экзаменационной сессией ухудшается адаптивность центральной нервной системы и психологическая стабильность [1]. Результаты опроса школьников старшего возраста показывают, что они считают бланковое тестирование самой стрессовой формой контроля знаний, в то время как наиболее объективная форма, по их мнению, – это устные и письменные экзамены [2].

Исследователи также отмечают, что использование бланкового тестирования ведет к тому, что у обучающегося не формиру-

ется так называемое метазнание, т.е. он или она в своем учении нацелен(а) не на использование информации в контексте и связке с другими знаниями и опытом, а на воспроизведение информации в формате «вопрос-ответ» [3]. Авторы также указывают, что установка на «запоминание» материала может препятствовать усвоению нового, другого материала.

Эти данные позволяют заключить, что классическое бланковое тестирование повышает уровень стресса у обучающихся и формирует у них негативное отношение к подобному формату контроля знаний. Кроме того, бланковые линейные тестирования могут способствовать снижению внутренней мотивации обучающихся к учению. Исследования студентов вуза после введения Единого государственного экзамена показали, что у них слабо развита внутренняя мотивация, т.е. обучающиеся выполняют задания не из-за осознания смысла этого действия, а исключительно ради получения зачета, диплома [6]. Хотя данное наблюдение является лишь корреляционным, а не доказанным причинно-следственным, что следует иметь в виду.

Применение цифровых технологий для реализации тестирования потенциально может снижать стресс при бланковом тестировании хотя бы за счет того, что обучающиеся могут вернуться к предыдущим ответам и исправить их [4]. Также в приведенном источнике отмечается, что с применением цифровых технологий в тестировании увеличивается спектр измеряемых умений и навыков, т.к. появляется возможность использовать не только текстовые материалы, но и видео-, аудио-, графический контент.

Такой формат представления обучающих материалов также называют гипермедиа – т.е. это объемный формат представления информации, который включает в себя элементы графики, видео, аудио, текста и прочих информационных элементов с целью достижения нелинейной среды повествования. Согласно количественным исследованиям, применение гипермедиа в обучении способствует снижению тревожности, роста положительных эмоций и даже снижению систолического и диастолического артериального давления у обучающихся [5].

В то же время еще больше расширять положительный эффект гипермедиа позволяет внедрение элементов геймификации в обучающие материалы, созданные в этом формате. Геймификация способствует повышению уровня вовлеченности за счет некото-

рых техник. Согласно исследованию, наиболее вовлекающая – это интеграция обучения с целью, то есть обучающийся должен понимать, зачем он(она) обучается, – в этом помогают такие элементы, как индикатор прогресса и очки опыта за правильные ответы [7; 8]. Также эффективные способы повышения вовлеченности, согласно тому же источнику, – это соревновательный эффект и быстрая обратная связь, что достигается за счет виртуальных досок лидеров, символических наград (бейджей или титулов).

Из приведенных выше результатов исследований следует заключение, что организация тестирования в формате гипермедиа и с применением элементов геймификации снижает уровень стресса и повышает уровень вовлеченности обучающихся при прохождении тестирования. Такой формат тестирования реализуется на платформе геймифицированного обучения VoxBattle, где контроль знаний реализуется с помощью соревнований, викторин, турниров и квестов (далее – викторины) в цифровой среде с присвоением обучающимся наград, достижений, титулов, статусов. Подробнее ознакомиться с этими форматами обучения и контроля знаний можно в Приложении № 1 данной статье.

Разные формы контроля знаний в VoxBattle требуют разного количества тестовых вопросов. При этом эмпирическим путем, т.е. в ходе сбора обратной связи от пользователей VoxBattle, было выявлено, что вовлеченность пользователей снижается, если в разных викторинах тестовые вопросы начинают повторяться (подробнее структура анализа раскрывается в основной части представленной статьи). Это позволяет сделать вывод, что для сохранения вовлеченности пользователей требуется разработка большого количества КТЗ.

Разработка 30 КТЗ методологами VoxBattle занимает порядка восьми часов. Как следствие, возникают две проблемы: повышение стоимости создания образовательного продукта и сокращение времени на разработку персонализированных методологий обучения. Вторая проблема существенна в глобальном масштабе, т.к. реализация гуманистического и ориентированного на развитие личностных качеств каждого человека образования – это приоритетная задача в образовании 21 века с его экономическими требованиями к нешаблонному мышлению профессионалов [11; 12].

Таким образом, генерация КТЗ и их применение в геймифицированных образовательных платформах на основе гипертекста

повышает вовлеченность обучающихся, но на создание КТЗ может уходить много времени, которое методологи и педагоги могли бы тратить на разработку и реализацию персонализированных методов обучения, востребованных современной экономикой. Эти факторы стали определяющими в решении исследовать современные технологии обработки естественного языка с целью проектирования системы автоматической генерации КТЗ.

Расчет времени для генерации КТЗ на основе данных VoxBattle

Было выявлено, что для разных типов викторин в VoxBattle требуется разное количество уникальных КТЗ, чтобы поддерживать вовлеченность обучающихся (таблица 1).

Таблица 1

Статистика повторений вопросов в викторине типа «Поединок»

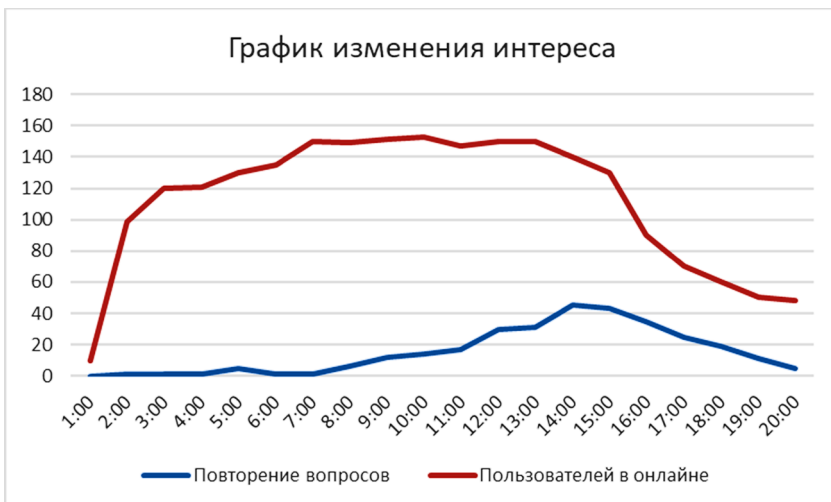
Уникальный пользователь	Среднее время на ответ (сек)	Общее время на все вопросы (мин)	Общее количество вопросов	Количество уникальных вопросов	% уникальных вопросов
User_1	12.0	0.4	2	2	100
User_11	7.0	1.1	9	9	100
User_8	22.2	1.9	5	5	100
User_14	11.2	1.9	10	10	100
User_21	11.9	2.0	10	10	100
User_27	11.9	2.0	10	10	100
User_24	9.5	2.1	13	13	100
User_25	12.9	2.2	10	10	100
User_20	8.9	2.4	16	15	94
User_23	15.7	2.6	10	10	100
User_4	8.4	2.8	20	19	95
User_2	14.3	2.9	12	11	92
User_26	17.8	3.0	10	10	100
User_22	18.2	3.0	10	10	100
User_19	12.2	3.1	15	15	100
User_15	12.0	4.0	20	20	100
User_6	12.6	4.0	19	16	84
User_13	12.4	4.1	20	17	85
User_16	12.9	4.3	20	20	100
User_12	13.0	4.3	20	19	95

User_18	15.0	4.8	19	18	95
User_9	13.7	4.8	21	17	81
User_10	14.9	5.0	20	16	80
User_17	10.1	5.0	30	23	77
User_3	13.9	5.8	25	24	96
User_5	13.7	11.4	50	33	66
User_7	13.6	16.2	71	38	54

В среднем на участие в одном поединке учащийся тратит 5 минут. Учитывая время на подключение, поиск противников, за 15 минут можно провести от 1 до 3 поединков. С учетом того, что максимальное количество вопросов в одном поединке 15, за 2 поединка VoxBattle может выдать 30 уникальных вопросов. Но нужно принимать во внимание, что вопросы для обоих участников поединка идентичны, поэтому выборку следует увеличить.

В представленной таблице в половине случаев вопросы не повторялись, в некоторых случаях для одного пользователя было по 1-2 повторений. Можно сделать вывод, что 57 вопросов было минимально достаточно для того, чтобы вопросы не повторялись или повторялись не чаще одного раза за викторину.

По результатам сбора обратной связи учащиеся были вовлечены в процесс участия в викторине.



**Рисунок 1. График снижения интереса
в зависимости от повторений**

Для демонстрации зависимости снижения интереса к викторине приведем пример командного турнира, который проводился в течение 20 минут среди взрослой аудитории (от 25 до 55 лет) на тему «Цифровая трансформация». На данном графике можно проследить зависимость количества повторений вопросов по отношению к количеству пользователей в онлайн.

В таблице 2 указано, сколько человекочасов требовалось, чтобы разработать это количество вопросов под разные типы викторин, и их общая стоимость.

Таблица 2

Расчет времени и стоимости разработки вопросов для викторин

Тематика вопросов	Уровень специалиста	Количество вопросов	Трудовые затраты	Стоимость часа специалиста	Стоимость разработки
Общие вопросы про переработку мусора	Методист, не владеющий темой	57	20	350	7000 Р
Вопросы про деятельность компании	Эксперт в теме, но не методист	15	8	450	3600 Р
Вопросы про кибербезопасность	Методист-эксперт	500	150	800	120 000 Р

Отметим, что от типа викторины трудоемкость разработки не зависит, так как используется одна и та же методика составления вопросов.

Решение ограничений методов машинного обучения для генерации КТЗ на основе ChatGPT

Для создания системы тестовых заданий мы решили обратиться к LLM (Large Language Model) и архитектуре GPT (Generative pre-trained transformer). Если простыми словами, то LLM – это

класс моделей, которые обучены на огромных массивах данных, они способны отлично поддерживать диалог на общие темы. ChatGPT и другие языковые модели – это нейросетевые алгоритмы, которые используются для генерации текста и разговора с компьютером. Они могут быть полезны для создания чат-ботов, анализа текста, автоматического перевода и других задач, связанных с обработкой языка. Данные модели уже используются в различных приложениях и сервисах, например в Siri или Google Translate.

Ниже приведен пример генерации (продолжения) текста в поисковой строке Яндекса.

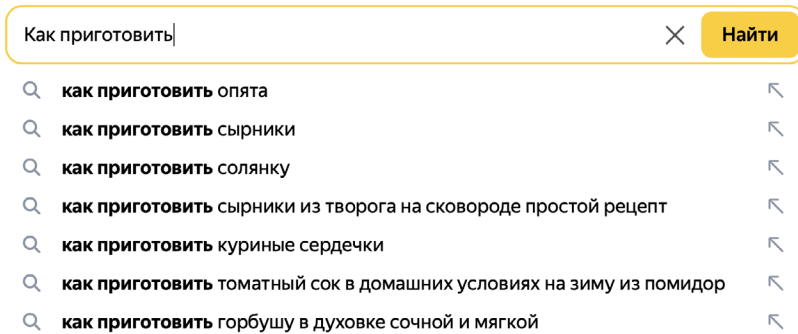


Рисунок 2. Наглядный практический пример использования нейросети для продолжения текста

Нами были рассмотрены продвинутые разговорные модели, которые используют LLM:

- Chat GPT
- Yandex GPT
- GigaChat
- LLAMA

Необходимым условием является наличие API (application programming interface), который необходим для взаимодействия нейросети и разрабатываемой системы.

В ходе оценки качества выдаваемых результатов (сформулированных тестовых заданий) мы решили остановиться на нейросети ChatGPT (openai.com).

Подход к разработке

Разработка любого продукта предполагает итерационный подход. При этом количество итераций ограничивается лишь жизненным циклом продукта.

Промтинг

Основой «общения» с языковой моделью GPT является создание запросов (промтов).

Основные приемы промтинга:

- нейросети нужно предоставлять четкие инструкции;
- необходимо указывать формат вывода;
- сформулировать условия, в которых нейросеть должна сформировать ответ;
- покажите примеры для того, чтобы нейросеть могла использовать их для формирования ответа;
- укажите путь решения задачи.

Основные сценарии использования:

- Суммаризация – создание кратких и информативных сводок текстов с помощью искусственного интеллекта.

Обработка: анализ тональности текста, стилизация текста.

Перевод

- Генерация текста по данным в структурированном формате
- Поиск в сети Интернет с суммаризацией
- При разработке системы генерации тестовых заданий нам потребуются все вышеизложенные сценарии
- Простой запрос в ChatGPT

Базовый прототип генерации тестовых заданий мы реализовали в нашем авторском средстве разработки курсов «ДелайКурс» (мы разрабатываем его в качестве дополнения к VoxBattle, а также как самостоятельный инструмент для создания обучающих лонгридов). Данное решение не предполагает вопросно-ответный механизм и формирует тестовые задания только на основе «знаний» ChatGPT.

Для проверки данной реализации можно воспользоваться прототипом модуля генерации тестовых заданий – <https://promo.delaicourse.ru>.

Пример промта (запроса) к ChatGPT:

```
const prompt = `Сгенерируй ${settingsPrompt.countQuestion},  
${settingsPrompt.complexity} вопросов на тему ${settingsPrompt.  
theme} без нумерации в формате Array, который будет содер-
```

Создать тест

Ваша тема

Советское кино

Сложность вопроса

Лёгкая

Количество вопросов

3

Создать тест

Рисунок 3. Пример запроса на создание тестовых заданий на заданную тему

1

В каком году появился первый полнометражный фильм советского кино?

1925

1918

1935

1945

+

Ответить

2

Какой фильм считается символом советского кино?

Белое солнце пустыни

Безумный день, или Женитьба Фигаро

Броненосец Потёмкин

Буратино

+

Ответить

3

Кто из следующих режиссеров снял фильма в СССР?

Альфред Хичкок

Стэнли Кубрик

Фриц Ланг

Сергей Эйзенштейн

Андрей Тарковский

+

Ответить

Рисунок 4. Ответы на запрос в виде тестовых заданий

жать Object для проверки знаний, пример результата [{«type»: 'radio', «question»: text, «answers»: [{«text»: text, «correct»: false}, {«text»: text, «correct»: false}, {«text»: text, «correct»: false}, {«text»: text, «correct»: true},]] type может быть только radio или checkbox'.

Как показали эксперименты, использование ChatGPT в чистом виде не подойдет. Вопросы, которые генерирует модель, формируются случайным образом, мы не контролируем их качество и достоверность. Также это не удовлетворяет базовым принципам, которых мы договорились придерживаться ранее.

Уточнение простых запросов

На следующей итерации мы уточняем запросы к ChatGPT и формируем так называемую цепочку промтов (то есть взаимодействуем с чатом, путем накопления контекста). В результате этой итерации мы получили информацию, которую должны собирать на входе от пользователя модуля генерации (таблица 4).

Таблица 4

Необходимые сведения для дальнейшего запроса к модели

Данные	Формат в интерфейсе	Источник	Пример
Образовательный контент	Загрузка файла	Создатель	Файл pdf / docx
Что будем проверять	Выбор	Создатель	Запоминание
Пример инструкции		База знаний	Как звали ...? (Название, имя) В каком году ...? (Факт) Что является ...? (Определение)
Уровень знаний ЦА	Выбор	Создатель	Низкий (не изучали эту тему ранее)
Какой порядок мышления задействуем	Выбор	Создатель	Запоминание

Тематика		Генератор	Фишинг
Пример формулировки задания		База знаний	Чем опасно публиковать в социальных сетях свой адрес электронной почты?
Пример формулировки ответа		База знаний	На него начнут активно присылать фишинговые письма Друзья будут писать длинные письма на электронику Официальные органы узнают, куда присылать документы
Инструкция по созданию дистракторов		База знаний	Противоречие / противоположность Разные степени выраженности Однородность Кумуляция Сочетания слов

Пояснение к таблице:

Создатель – пользователь модуля администрирования, который создает образовательный контент.

База знаний – информация из базы данных, которая выбирается в зависимости от введенных создателем данных.

Генератор – генерируется на основе введенных данных.

Продвинутое решение

Итак, поэкспериментировав с промтингом и API ChatGPT, мы приступаем к разработке рабочего прототипа системы генерации тестовых заданий.

Для улучшения качества результатов можно было пойти двумя путями:

- дообучить модель (так называемый fine-tuning) на корпусе предварительно подготовленных текстов. Этот способ потребует значительных вычислительных мощностей и квалификации команды разработки;

- воспользоваться вопросно-ответным подходом RAG (Retrieval-Augmented Generation, генерация с расширенным поиском).

Retrieval-Augmented Generation – это подход, при котором ответ чат-бота формируется стандартной предобученной LLM-мо-

делью, но предварительно ей показывают фрагменты текста из предметно-ориентированной базы знаний, найденные с помощью семантического поиска. В таком случае LLM используется в режиме продвинутого перефразировщика и извлечения ответа на вопрос из текста (из статьи Дмитрия Сошникова¹).

Для разработки модуля генерации тестовых заданий мы выбрали вопросно-ответный подход RAG, потому что он не требует вычислительных ресурсов (вся нагрузка ложится на производительность ресурсов модели).

Наша задача – с помощью механизма цепочек реализовать подход Retrieval-Augmented Generation:

- Обрабатываем введенные создателем тестового задания данные.
- Пропускаем через определенный шаблон и объединяем их вместе.
- Получившийся запрос передаем в ChatGPT.

Основная задача на этой итерации – перейти от простых манипуляций с «промтингом» к преобразованию запроса и объединению этого запроса с базой инструкций и примеров.

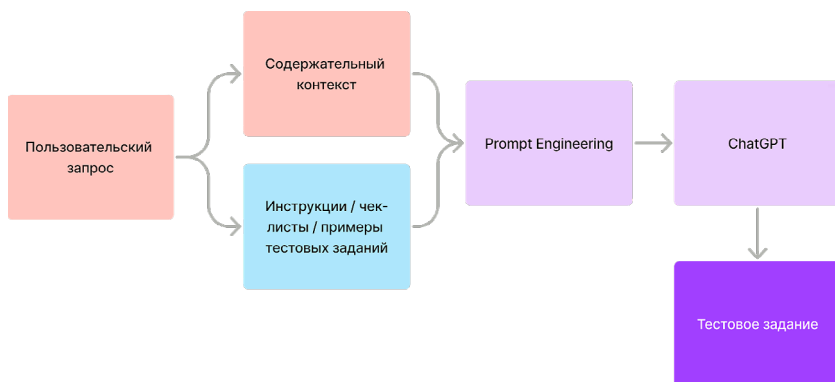


Рисунок 5. Схема работы модуля по формированию тестового задания

Таким образом, модуль генерации тестовых заданий помимо входных данных Создателя должен включать в себя базу инструк-

¹ Создаем предметно-ориентированного чат-бота с помощью LangChain и Yandex GPT. Режим доступа: <https://soshnikov.com/ai/creating-problem-domain-specific-chat-assistant-with-yandex-gpt-and-langchain-ru>.

ций и примеров, векторную базу данных содержимого, большую языковую модель и средства промт-инжиниринга.

В результате этой итерации мы выявили некоторые недостатки, которые планируем доработать в продуктивной версии VoxBattle¹.

1. Вопросы приходится создавать исходя из ограничений токенов.

Длина контекста запроса ChatGPT составляет 3200 токенов (количество информации, которую модель может удерживать в памяти во время диалога с пользователем, зависит от длины контекста). 373 токена – 348 символов русского языка. Для примера – средняя статья в Википедии включает 10000 символов. Данную проблему можно решить за счет суммаризации текста.

2. В формулировках тестовых заданий все еще встречаются грамматические ошибки.

Необходимо дополнить экспертизу тестовых заданий этапом проверки на грамотность (аналог этапа корректуры в процессе работы методолога). Результатом проверки должна стать дополнительная инструкция для доработки тестового задания в автоматическом режиме.

3. Проблемы с точностью вычислений.

Проблема с точностью вычислений решается подключением внешних сервисов. Например, если в тестовом задании встречаются математические вычисления, то необходимо подключить калькулятор, который будет проверять правильность вычислений.

4. Низкая скорость формирования тестового задания.

Основным фактором, который замедляет формирование задания, является полнотекстовый поиск по базе инструкций и примеров. Для решения этого вопроса необходимо научить нашу систему представлять текстовые данные в векторном формате, то есть извлекать смысл из текста на естественном языке и представлять его в понятном для компьютера виде.

¹ В частности, предоставить возможность использовать генерацию тестовых заданий всем пользователям данной платформы.

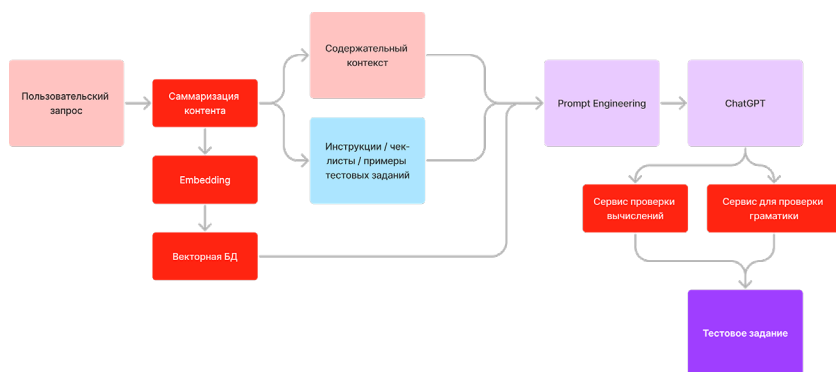


Рисунок 6. Целевая схема работы модуля по формированию тестового задания

Экспертиза тестовых заданий человеком

Качество и валидность тестовых заданий, особенно если результатом их выполнения будет оценивание учащегося, а также несовершенство языковых моделей накладывает определенную ответственность на их создателей.

Поэтому требуется экспертиза, результатом которой станет утверждение валидности заданий.

Варианты ручной (при участии человека) проверки созданных заданий:

- Первичное апробирование на тестовой группе с явным упоминанием о том, что данные задания созданы на основе нейросетевой модели. При таком подходе обучающимся предлагается оценить по 3-бальной шкале задание по трем критериям: сложность, корректность, понятность.

- Проверка заданий методистом и/или экспертом по теме созданных заданий осуществляется с использованием специального чек-листа в следующем порядке:

- формулировка задания;
- корректность правильного ответа;
- корректность дистракторов;
- соответствие уровня сложности и целям задания.

- Результатом экспертизы должны быть рекомендации (в формате комментария) для корректировки задания моделью. Для этого история запросов к модели должна сохраняться.

- **Дискуссия**

В процессе разработки появляется много идей, многие из которых трудоемки и требуют тщательного тестирования:

- расчет количества повторений КТЗ для эффективного обучения (на основе кривой забывания);
- возможность генерации вопросов с графикой;
- мультимодальность (обрабатывать входные данные не только в текстовом виде, а также в аудио- и визуальном форматах);
- подключить изменение стилистики текста в зависимости от ЦА;
- использовать результаты ответов на задания и оценки учеников для создания дополнительных инструкций и чек-листов;
- возможность автоматического изменения формулировки вопросов и ответов для того, чтобы исключить эффект «визуального запоминания текста».

Несмотря на коллизии результатов, возникающих по ходу экспериментов, уже сейчас можно уверенно утверждать, что большие текстовые модели применимы для разработки инструментов дистанционного обучения и геймификации.

Литература

1. *Жукембаева А. М., Есенханкызы А., Жумалиева З. Т., Данабекова Д. Ж., Исаханова К. А., Иманбек А. Б., Елтай Б. Б.* Влияние экзаменационного стресса на психологическое состояние и гемодинамические показатели у студенток I курса // Вестник КазНМ У. – 2021. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekzamenatsionnogo-stressa-na-psihologicheskoe-sostoyanie-i-gemodinamicheskie-pokazateli-u-studentok-i-kursa> (дата обращения: 24.10.2023).
2. *Бобрищева-Пушкина Н. Д., Кузнецова Л. Ю., Попова О. Л., Силаев А. А.* Экзаменационный стресс и факторы, его определяющие, у старших школьников // Гигиена и санитария. – 2015. – № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekzamenatsionnyu-stress-i-factory-ego-opredelyayuschie-u-starshih-shkolnikov> (дата обращения: 24.10.2023).
3. *Коротаева И. В.* Проблемы использования тестирования с множественным выбором в системе непрерывного образования // Новые образовательные программы «МГУ и школьное образование». Материалы конференции 10 декабря 2011 г., часть II. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 174-176.
4. *Малыгин А. А.* Современные форматы образовательного тестирования // Высшее образование сегодня. – 2018. – № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-formaty-obrazovatelno-gestirovaniya> (дата обращения: 24.10.2023).
5. *Залата О. А., Еременко Ю. А.* Оценка восприятия образовательного

- контента на различных уровнях мультимедиа // ИТС. – 2020. – № 4 (101). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozpriyatiya-obrazovatel'nogo-kontenta-na-razlichnyh-urovnyah-multimedia> (дата обращения: 24.10.2023).
6. Гордеева Т. О., Сычев О. А., Осин Е. Н. Внутренняя и внешняя учебная мотивация студентов: их источники и влияние на психологическое благополучие // Вопросы психологии. – 2013. – № 1. – С. 35-45.
 7. Yung-Fu Wang, Ya-Fang Hsu, Kwoting Fang. The key elements of gamification in corporate training – The Delphi method, Entertainment Computing, Volume 40, 2022.
 8. AL-Smadi, Mohammad. (2014). GAMEDUCATION: Using Game Mechanics and Dynamics to Enhance Online Learning.
 9. Кручинин В. В., Кузовкин В. В. Обзор существующих методов автоматической генерации задач с условиями на естественном языке // Компьютерные инструменты в образовании. – 2022. – № 1. – С. 85-96. doi: 10.32603/2071-2340-2022-1-85-96.
 10. Куртасов А. М., Швецов А. Н. Метод автоматизированной генерации контрольно-тестовых заданий из текста учебных материалов // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2014. – № 7 (60).
 11. Варламова В. А. Индивидуализация и персонализация в современном образовании // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – № 68-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/individualizatsiya-i-personalizatsiya-v-sovremennom-obrazovanii> (дата обращения: 06.11.2023).
 12. Булаева М. Н., Зубкова Я. В., Мельников Д. Д. Персонализированный подход в образовании // Проблемы современного педагогического образования. – 2022. – № 77-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/personalizirovannyy-podhod-v-obrazovanii> (дата обращения: 06.11.2023).
 13. Ефимова Г. З., Семенов М. Ю. Ключевые барьеры, препятствующие эффективной работе учителя: по материалам социологического исследования // Теория и практика общественного развития. – 2015. – № 20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klyuchevye-bariery-prepyatstvuyuschie-effektivnoy-rabote-uchitelya-po-materialam-sotsiologicheskogo-issledovaniy>.

Приложение 1.

Виды мероприятий в приложении VoxBattle

В VoxBattle реализовано несколько видов мероприятий (для упрощения в дальнейшем будем называть их «викторины»):

«Осада башни». Аналог теста с проходным баллом, но в игровой форме.

«Поединок» (и его менее агрессивный аналог – «Восхожде-

ние»). Формат дуэли, где в качестве оппонента можно выбрать человека либо бота. Может проводиться как в аудитории, так и дистанционно.

«Турнир». Командное соревнование. Может проводиться как в аудитории, так и дистанционно.

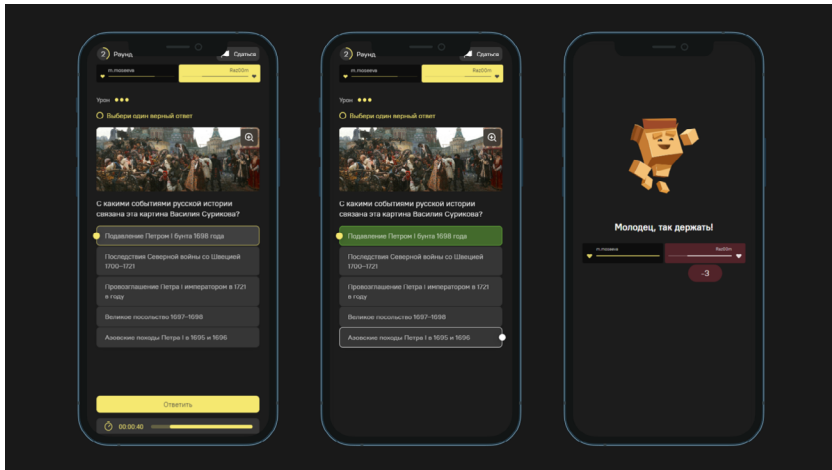


Рисунок 7. Скриншот программы VoxBattle.
Поединок на тему живописи

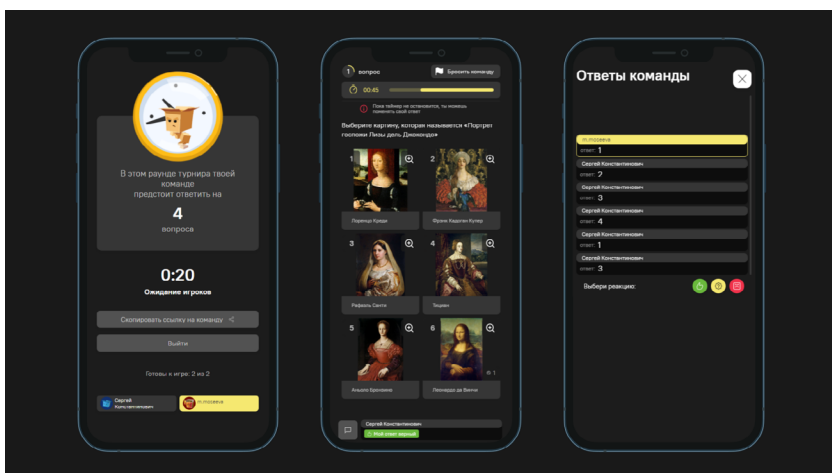


Рисунок 8. Скриншот программы VoxBattle.
Турнир по живописи

УДК 130.2

DOI 10.17726/phillT.2023.2.8



Машинный перевод выразительных средств – метафор

Хабарова Екатерина Михайловна,

старший преподаватель,

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

Краснодар, Россия

cath15@yandex.ru

Аннотация. За последние десятилетия технологии значительно продвинулись вперед. В сфере перевода произошли существенные изменения с разработкой таких программ, как Google.translate и Яндекс.переводчик. Представленные приложения уже активно внедряются в бюро переводов для оптимизации переводческой деятельности, где письменный перевод документов, статей, аннотаций и пр. необходимо предоставлять заказчикам в кратчайшие сроки. В работе с научно-популярным текстом онлайн-программы помогают переводчикам выиграть время, но при этом требуется постредактирование текста. Художественный стиль требует большей концентрации и отдачи, т.к. представленные в нем средства выразительности предполагают учета контекста и нюансов употребления тех или иных единиц языка. Машинный перевод обладает потенциалом стать незаменимым помощником в руках переводчика. В данной статье рассматривается машинный перевод выразительных средств, а именно метафор. Исследование иллюстрируется примерами, проводится сравнительно-сопоставительный анализ перевода метафорических единиц, выявляется классификация метафор и проводится анализ, с какими из средств выразительности переводчик способен справиться. Осуществляется анализ трудностей перевода метафор.

Ключевые слова: метафора; метафорические единицы; политическая метафора; машинный перевод.

Machine translation of expressive means – metaphors

Khabarova Ekaterina Mikhailovna,

Senior Lecturer, Kuban State University

Krasnodar, Russia

cath15@yandex.ru

Abstract. Technology has advanced significantly over the past decades. Significant changes have occurred in the field of translation with the development of programs such as Google.translate and Yandex.translator. The present applications are already being actively implemented in translation agencies to optimize translation activities, where written translations of documents, articles, annotations, etc. must be provided to customers as quick as possible. While working with popular science text, online programs help translators gain time, but this requires to edit the text. The artistic style requires more concentration and dedication, because the means of expression presented in it require taking into account the context and nuances of the use of certain units of language. Machine translation has the potential to become an indispensable assistant in the hands of a translator. This article discusses machine translation of expressive means, namely metaphors. The study is illustrated with examples and a comparative analysis of the translation of metaphorical units is carried out, the classification of metaphors is identified and an analysis is carried out with which means of expression the translator is able to cope with. The difficulties of translating metaphors are analyzed.

Keywords: metaphor; metaphorical units; political metaphor; machine translation

Развитие технологий касается всех сфер, особенно сильно это стало проявляться с формированием нейросетей, которые активно внедряются в наши гаджеты. Этот прогресс также заметен и в сфере машинного перевода. Программы активно совершенствуются, но все еще требуется постредактирование документов, особенно при работе со средствами выразительности.

Целью исследования является оценка способности машинного перевода распознавать и передавать метафоры при переводе, для этого ставятся следующие задачи:

- охарактеризовать основные трудности перевода метафорических единиц;
- выявить проблемы распознавания метафор системами машинного перевода;
- произвести анализ и описать трудности, возникающие в процессе машинного перевода метафор.

Методы исследования:

- 1) метод сплошной выборки;
- 2) сравнительно-сопоставительный анализ.

Материалом исследования служит книга американского дипломата и эксперта в области международных отношений Генри Киссинджера «World Order» («Мировой порядок») в переводе на русский язык, осуществленном В. Желниновым и А. Милоковым, а также фрагменты данной книги, перевод которых выполнен с применением системы машинного перевода «Яндекс.Переводчик».

Основными проблемами, связанными с внедрением искусственного интеллекта в перевод, называют подбор стилистической и лексической сочетаемости, связанность текста. Исследователи сходятся во мнении, что машинный переводчик способен передать синтаксическую составляющую предложений, но не все лексические единицы закреплены в словарях, что и затрудняет работу машинного переводчика. Более того, машины не способны выстраивать контекст, владеть информацией об интонации высказывания, а значит и применять соответствующие приемы перевода художественных средств [6].

Машинный перевод можно определить как прием использования компьютерных алгоритмов в сочетании с искусственным интеллектом для осуществления автоматического перевода с одного языка на другой. Данная операция позволяет людям осуществлять коммуникацию и понимать суть изложения письменного высказывания, не владея требуемым иностранным языком. Подобный вид перевода можно наблюдать во многих отраслях: бизнес (при осуществлении закупок и заключении договоров с иностранными компаниями); туризм (на отдыхе за рубежом для осуществления простейших операций, связанных с коммуникациями); медицина (для переводов анализов, заключений врача и рекомендаций).

За последние пять лет можно наблюдать, как улучшилось качество перевода и добавилась такая функция, как распознавание текста по фотографиям, что значительно упрощает пребывание в некоторых азиатских странах, странах Латинской Америки, где только начинаются глобализационные процессы и происходит постепенное внедрение английского языка для обозначения некоторых знаков инфраструктуры [5].

Среди достоинств машинного перевода можно выделить следующие:

- относительная доступность (при наличии технических средств связи и выхода в Интернет);

- автоматическим переводом можно пользоваться для осуществления конкретно поставленных задач;
- скорость (автоматический перевод способен упростить задачу при переводе объемных текстов, но с последующей редактурой).

В некоторых случаях применение машинного перевода обеспечивает беглое понимание основной сути документов. Но к основным недостаткам его применения относят следующие проблемы:

- встречающиеся ошибки при переводе идиом, сложных фраз, а также при передаче игры слов. Как было отмечено ранее, технологические решения отходят от алгоритмов машинного перевода и обращаются к самообучающимся моделям. Это связано с тем, что язык постоянно развивается и новые словарные статьи вносятся и обновляются, в среднем, раз в месяц, в то время как онлайн-словари обновляются чаще;
- неучитывание контекста высказывания. Машинный перевод пренебрегает контекстом, не считывает смысл всей единицы языка на уровне предложения и абзаца, в таком случае происходит неправильная передача полисемичных слов и выражений;
- неправильное употребление грамматических и синтаксических структур языка. Автоматический перевод работает на заданном алгоритме, который в последнее время способен воспроизводить структуру английского предложения в переводе с русского языка, где подлежащее ставится на первое место, а сказуемое – на второе. В переводе на русский язык мы больше ориентируемся на тема-рематические модели коммуникации в зависимости от цели высказывания;
- проблема сохранения авторского стиля. Автоматический перевод не способен учитывать нюансы, используемые автором, такие как эмоции, интонация, с которой действующие лица произносят высказывание, или иные культурные особенности, характерные для них [5].

Все вышеперечисленные неточности, на каждом из уровней эквивалентности: как при передаче языковых единиц, так и для изложения функционально-ситуативного содержания текста, – могут приводить к неправильной интерпретации со стороны аудитории или читателей.

Машинный перевод метафорических единиц находится в стадии разработки [4], но одним из главных препятствий для разра-

ботчиков является проблема их распознавания в тексте. Переносное значение метафорических единиц все еще остается вызовом для машин, так как метафорический перенос по сходству может происходить как с конкретными понятиями, так и с абстрактными, при этом, как правило, перенос значения производится с более сложных понятий на более простые и понятные человеку.

Контекст важен в распознавании метафор, так как они могут базироваться на культурных или исторических образах. Таким образом, для полноценной их передачи переводчик должен обладать фоновыми знаниями во многих областях и учитывать специфику как языка-реципиента, так и исходного языка [3].

Для некоторых метафор характерны несколько вариантов интерпретаций их смысла, и выбор неподходящей может привести к серьезным последствиям. Ввиду их многозначности переводчику следует учитывать весь спектр лингвистических и экстралингвистических компонентов высказывания для правильного принятия решения.

Что касается перевода метафор, то Т. А. Казакова выделяет несколько приемов:

1) буквальный перевод. В некоторых случаях значения метафоры переводящего и исходного языков совпадают, обозначают тот же образ и понятие;

2) перевод метафоры с комментариями. Метафорические единицы иногда нуждаются в пояснении для правильного истолкования аудиторией, поэтому переводчик прибегает к описательному переводу, функциональной замене или пояснениям;

3) замена образов и символов. Использование перевода на основе ассоциаций помогает переводчику найти подходящий концепт и передать смысл высказывания [9].

Все эти приемы необходимы для правильной адаптации (локализации) текста для своей аудитории переводящего языка, пренебрежение правильной интерпретацией идиом может привести к коммуникационным ошибкам. Все приемы требуют от переводчика фоновых и культурных знаний для того, чтобы подобрать максимально близкое по значению выражение [13].

Для того чтобы рассмотреть, насколько системы машинного перевода способны справиться с переводом метафорических единиц, проанализируем несколько примеров, взятых из книги, а также сопоставим машинный перевод, созданный при помощи

системы Яндекс.Переводчик, с переводом тех же фрагментов, выполненным человеком.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“Each defined itself as a template for the legitimate organization of all humanity” [1].	«Каждая из них определяла себя как образец для законной организации всего человечества» [14].	«Каждая суверенная единица считала свой порядок идеальным лекалом для общественной организации человечества» [10].

В приведенном примере лексическая единица «template» передана системой машинного перевода в своем изначальном значении «паттерн, образец» [12], в то время как переводчик использует лексему «лекало» (детали вышивки, готовые к нанесению на полотно и дальнейшей обработке) [12], уподобляя мир полотну для дальнейшего нанесения выкройки и придавая тем самым большую выразительность высказыванию.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“The contemporary, now global Westphalian system has striven to curtail the anarchical nature of the world” [1].	«Современная, ныне глобальная вестфальская система стремилась ограничить анархическую природу мира» [14].	«Современная, ныне глобальная Вестфальская система стремится «облагородить» анархическую сущность мира» [10].

Для лексемы «to curtail» («to make less by or as if by cutting off or away some part») [2] зафиксировано только одно словарное значение, но в данном контексте переводчики придерживаются общего контекста абзаца, используя совершенно противоположное по смыслу слово, которое взято в кавычках, чтобы подчеркнуть иронию высказывания. Машинный же перевод передает общий смысл лексической единицы («ограничить»), но при этом оказывается утрачен образный компонент (проявляющийся в сочетании с лексемой «nature»), а также эмоционально-оценочный аспект высказывания.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“The Revolution’s intellectual godfather, Jean-Jacques Rousseau, formulated this universal claim in a series of writings whose erudition and charm obscured their sweeping implications” [1].	«Интеллектуальный крестный отец революции Жан-Жак Руссо сформулировал это универсальное утверждение в серии работ, чья эрудиция и обаяние заслоняли их широкий смысл» [14].	««Крестный отец» революции, интеллектуал Жан-Жак Руссо, сформулировал это универсальное притязание в своих трудах, эрудированность и обаяние которых затмевали их «подрывную» сущность» [10].

Жан-Жак Руссо – философ и прародитель идей о свободе, братстве и равенстве, чьи взгляды о монархическом строе подвергались критике со стороны правительства. Переводчики воспользовались метафоричным выражением «подрывная сущность» ввиду того, что распространение идей Руссо в значительной степени повлияло на ход французской революции, сплотив тем самым народ. Лексема «sweeping» обозначает в прямом значении «сметающий», но также может использоваться в переносном значении «радикальный», что близко по смыслу к выбору переводчиков. Также можно заметить, что искусственный интеллект не смог распознать приложение, дающее объекту другое название, и перевел его как обычное определение.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“The last, Russia’s “window to the West,” was built by hand, by a casualty-racked conscripted labor force” [1].	«Последнее, «окно России на Запад», было построено вручную измученной рабочей силой, призванной на военную службу» [14].	«Последний [Санкт-Петербург], русское «окно в Европу», был возведен ручным трудом – стараниями насильно согнанной рабочей силы» [10].

Метафорическая единица «окно в Европу» согласно национальному корпусу русского языка имеет широкое распространение – 146 примеров [11], а словосочетание «окно на Запад» встречается всего три раза. Данная единица является реалией русскоязычной лингвокультуры и требует фоновых знаний при переводе. Таким образом, хотя основной метафорический образ («окно») успешно передан как человеком, так и системой ма-

шинного перевода, последняя вместо устоявшегося и имеющего определенные культурные коннотации выражения использует нехарактерную для русского языка формулировку, которая вряд ли способна пробудить нужные ассоциации.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“Czar was seen as the embodiment of the defense of Russia against enemies surrounding it on all sides” [1].	«Царь рассматривался как воплощение защиты России от врагов, окружающих ее со всех сторон» [14].	«Царь же рисовался олицетворением борьбы России против врагов, окружающих ее со всех сторон» [10].

В приведенном примере переводчики монографии используют прием смыслового развития, употребляя глагол «рисовать» в значении «иллюстрировать, показывать», тем самым придавая метафоричную образность высказыванию. Стоит отметить, что машинный перевод оказывается в данном случае ближе к тексту оригинала, который не содержал изначально метафорической единицы, в то время как перевод, выполненный человеком, является более образным.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“Stranded “at the interface of two vast and irreconcilable worlds,” Russia saw itself as endowed with a special mission to bridge them but exposed on all sides to threatening forces that failed to comprehend its calling” [1].	«Оказавшись «на стыке двух огромных и непримиримых миров», Россия считала себя наделенной особой миссией по наведению мостов между ними, но со всех сторон открытой угрожающим силам, которые не смогли понять ее призвания» [14].	«Оказавшись «на стыке двух обширных и непримиримых миров», Россия полагала, что ей выпала особая миссия – перекинуть мост между мирами, но, подвергаясь угрозам со всех сторон, она вынуждена сражаться с теми, кто не в состоянии оценить ее призвание» [10].

Можно сказать, что как человек, так и система машинного перевода справились с передачей метафорического значения лексической единицы «to bridge». Тем не менее, стоит отметить, что словосочетание «навести мосты», согласно данным национально-го корпуса, используется 18 раз, «перекинуть мост» – 29 раз [11],

таким образом, последнее является более употребимым в значении «наладить отношения».

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“In 1948, Stalin, in response to the merging of the three occupation zones of the Western allies, cut the access routes to Berlin, which until the end of the blockade was sustained by a large-ly American airlift” [1].	«В 1948 году Сталин в ответ на объединение трех зон оккупации западных союзников перекрыл подъездные пути к Берлину, который до конца блокады поддерживался в основном американскими воздушными перевозками» [14].	«В 1948 году, в ответ на объединение трех оккупационных зон западных союзников, Сталин перекрыл наземное и водное транспортное сообщение с Западным Берлином, снабжение которого до конца блокады обеспечивалось во многом благодаря американскому «воздушному мосту» [10].

Лексема «airlift», зафиксированная в словарной статье как «воздушный поток, воздушное пространство» [2], преобразовывается переводчиками в лексему «воздушный мост», принимая во внимание исторический контекст высказывания, с отсылкой на операцию, проводимую странами-союзниками для перевозки продовольствия в западную часть Берлина в поствоенный период.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“Now, this massive autocratic entity loomed over a Europe that struggled to comprehend its ambitions” [1].	«Теперь это массивное автократическое образование нависало над Европой, которая изо всех сил пыталась понять его амбиции» [14].	«После колоссальная самодержавная тень [казаки] нависла над всей Европой, и последняя изо всех сил пыталась понять, каковы русские амбиции» [10].

Метафорическая единица «entity» в своем первоначальном значении зафиксирована как «сущность, существо» [2]. В иллюстрируемом примере переводчики преобразовывают данную лексему и прибегают к метафоричному выражению «тень нависла», упо-

добляя Российскую империю огромной грозной силе, способной сеять страх, так как рассматриваемое высказывание употребляется для обозначения некой мрачной силы. В то время как в машинном переводе используется фраза «образование», которое может означать «процесс получения», но не может употребляться с глаголом «нависать», так как данное выражение не соответствует нормам лексической сочетаемости.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“US preeminence was conceded in return for giving Europe access to American nuclear protection” [1].	«Превосходство США было признано в обмен на предоставление Европе доступа к американской ядерной защите» [14].	«Превосходство США признавалось в обмен на предоставление Европе американского ядерного «зонтика»» [10].

Как и в одном из описанных выше случаев, оригинал не содержит метафорической единицы, как и текст, полученный в результате машинного перевода. Метафора «зонтик» используется переводчиками для обозначения некоего защитного механизма, применяющегося для определенной территории, что придает высказыванию большую выразительность.

Оригинал	Машинный перевод	Перевод человека
“... French power had waxed and waned. It had spilled across France’s ancient frontiers only to be nearly extinguished in the vastness of Russia” [1].	«...могущество Франции то возрастало, то ослабевало. Она пересекла древние границы Франции только для того, чтобы почти исчезнуть на просторах России» [14].	«... могущество Франции ослабевает и увядает, как оно выплескивается за древние пределы Франции только для того, чтобы угаснуть на просторах России» [10].

Приведенный пример иллюстрирует то, как переводчики сравнивают Францию наполеоновской эры с цветком, который ослабевал, терял свои силы и угас при поражении со стороны России, однако этот образ полностью отсутствует в машинном переводе.

Проанализировав вышеприведенные примеры, можно отметить, что прогресс не стоит на месте и машинный перевод справляется со своей задачей – быстро передать суть высказывания. Но без участия профессиональных переводчиков текст будет «сухим» и не будет обладать образностью, в нем не будет лексем с эмоциональной окраской, не будут употребляться метафорические единицы, не будет учитываться исторический контекст и, в целом, стиль автора. Стоит указать, что постредактирование все еще является одним из верных способов передачи идиостиля писателя и расшифровки образов, читаемых между строк. Метафоры могут принимать любую форму, выражаться глаголами, существительными, прилагательными, но их функция остается неизменной – передавать образность и выразительность тексту, завлекать читателя и привлекать аудиторию к насущным проблемам.

Литература

1. *Kissinger H.* World Order. – USA: Penguin Press, 2014. – 420 p.
2. Oxford learner's dictionaries. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com> (дата обращения: 14.09.2023).
3. *Арутюнова Н. Д.* Метафора и дискурс / Теория метафоры. – М., 1990. – С. 5-32.
4. *Бадрызлова Ю. Г., Исаева Е. В., Керимов Р. Д., Шехтман Н. Г.* Правила применения процедуры лингвистической идентификации метафоры (mirvu) в русскоязычном корпусе: лингвокогнитивный опыт (уточнения и дополнения) // Гуманитарный вектор. Серия: Филология, востоковедение. – 2013. – № 4 (36). <https://cyberleninka.ru/article/n/pravila-primeneniya-protsedury-lingvisticheskoy-identifikatsii-metaforymirvu-v-russkoyazychnom-korpuse-lingvokognitivnyy-opyt> (дата обращения: 18.09.2023).
5. *Белобородова Е. А., Бодулева А. Р.* Преимущества и недостатки машинного перевода // Инновационная наука. – 2016. – № 9 (21). <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-i-nedostatki-mashinnogo-perevoda> (дата обращения: 15.09.2023).
6. *Бояркина А. В.* Цифровые технологии в художественном переводе (на примере немецкоязычных текстов) // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2022. – № 205. <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-hudozhestvennom-perevode-na-primere-nemetskoazychnyh-tekstov> (дата обращения: 19.09.2023).
7. *Дроздова К. А.* Машинный перевод: история, классификация, методы // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2015. – № 3 (7). <https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnyy-perevod-istoriya-klassifikatsiya-metody> (дата обращения: 19.09.2023).
8. *Лакофф Дж., Джонсон М.* Метафоры, которыми мы живем / пер.

- с англ.; под ред. и с предисл. А. Н. Баранова. – М.: ЛКИ, 2008. – 256 с.
9. Казакова Т. А. Практические основы перевода. – СПб.: Союз, 2005. – 320 с.
 10. Киссинджер Г. Мировой порядок. <https://nice-books.ru/books/nauchnye-i-nauchnopolujarnye-knigi/politika/190833-genrikissindzhermirovoiporyadok.-html> (дата обращения 14.09.2023).
 11. Национальный корпус русского языка: сайт. <https://ruscorpora.ru/new> (дата обращения: 17.09.2023).
 12. Толковый словарь Ожегова: сайт. <https://slovarozhegova.ru> (дата обращения: 18.09.2023).
 13. Хонькина П. В. Перевод идиоматических выражений в системах машинного перевода // Вестник Московского университета. Серия 22. Теория перевода. – 2010. – 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/perevod-idiomaticeskikh-vyrazheniy-v-sistemah-mashinnogo-perevoda> (дата обращения: 18.09.2023).
 14. Яндекс переводчик: сайт. <https://translate.yandex.ru/> (дата обращения: 14.09.2023).

УДК 577.38*004.81

DOI 10.17726/phillT.2023.2.9



Биофизический подход к моделированию рефлексии: обоснование, методы, результаты¹

Барцев Сергей Игоревич,

*доктор физико-математических наук,
профессор, кафедра биофизики,
Институт фундаментальной биологии и биотехнологий,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Красноярск, Россия;*

*главный научный сотрудник,
лаборатория теоретической биофизики,
Институт биофизики Сибирского отделения Российской
академии наук – обособленное подразделение федерального
государственного бюджетного научного учреждения
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный
центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Красноярск, Россия
bartsev@yandex.ru*

Маркова Галия Муратовна,

*аспирант, ассистент, кафедра биофизики,
Институт фундаментальной биологии и биотехнологий,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Красноярск, Россия;*

*лаборант, лаборатория теоретической биофизики,
Институт биофизики Сибирского отделения Российской
академии наук – обособленное подразделение федерального
государственного бюджетного научного учреждения
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный
центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Красноярск, Россия
GMarkova@ibp.ru*

¹ Работа поддержана грантом РНФ № 23-21-10041, Красноярского краевого фонда науки «Иерархия функциональных аттракторов в нейросетевых моделях рефлексии».

Матвеева Алевтина Игоревна,*аспирант,**Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение федерального государственного бюджетного научного учреждения
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Красноярск, Россия**matveevaalevtinai@gmail.com*

Аннотация. Используемый физикой подход, основанный на выделении и исследовании идеальных объектов, лежащий также в основе биофизики в сочетании с эвристическим моделированием фон Неймана и функциональным фракционированием по Р. Розену, обсуждается в качестве инструмента исследования свойств сознания. Объектом исследования становится своеобразная линейка систем-аналогов: человеческий мозг, мозг позвоночных, мозг беспозвоночных и искусственные нейросети, способные осуществлять рефлексию, которая является ключевым свойством или характеристикой сознания. Рефлексия в широком смысле слова, понимаемая как внутреннее отображение внешнего мира, свойственна широкому кругу животных, причем некоторые из них (шмели, рыбы) демонстрируют даже рефлексию в узком смысле этого слова, понимаемую как внутреннее представление себя. Реализуется это сложное поведение с помощью миниатюрных мозгов ~1 млн нейронов. Проиллюстрировано использование простых рекуррентных нейронных сетей (РНС) для получения ответов на вопросы общего характера. Например, показано, что небольшая РНС способна проходить тест отложенного сравнения с образцом, формируя индивидуальную динамическую репрезентацию поступившего стимула, допускающую декодирование специальным нейронным детектором. Продемонстрировано, что в рефлексивной игре «чет-нечет» РНС имеет огромное преимущество над слоистой нейросетью, с тем же и большим количеством нейронов – рефлексия побеждает регрессию. Обнаружено, что асимметрия исходов в игре «чет-нечет», для объяснения которой привлекали различные причины, включая психологические («догонять легче, чем убежать»), воспроизводится в игре двух РНС. Очевидно, что психологические причины здесь отсутствуют и преимущество игрока, играющего за «чет», объясняется более сложной стратегией «нечет»-игрока: ему нужно предсказать ход противника и выбрать противоположный.

Ключевые слова: идеальные объекты; эвристическое моделирование; системы-аналоги; рекуррентность рефлексии; отложенный тест сравнения с образцом; рефлексия и регрессия; асимметрия игры «чет-нечет».

Biophysical approach to modeling reflection: basis, methods, results

Bartsev Sergey Igorevich,

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Department of Biophysics,
School of Fundamental Biology and Biotechnology,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russia;*

*Chief Researcher,
Laboratory of Theoretical Biophysics,
Biophysics Institute of the Siberian Branch of the RAS –
Division of Federal Research Center
«Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS»
Krasnoyarsk, Russia
bartsev@yandex.ru*

Markova Galiya Muratovna,

*Postgraduate Student, Assistant,
Department of Biophysics,
School of Fundamental Biology and Biotechnology,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russia;
Laboratory Assistant,*

*Laboratory of Theoretical Biophysics,
Biophysics Institute of the Siberian Branch of the RAS –
Division of Federal Research Center
«Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS»
Krasnoyarsk, Russia
GMarkova@ibp.ru*

Matveeva Alevtina Igorevna,

*Postgraduate student,
Biophysics Institute of the Siberian Branch of the RAS –
Division of Federal Research Center
«Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS»
Krasnoyarsk, Russia
matveevaalevtinai@gmail.com*

Abstract. The approach used by physics is based on the identification and study of ideal objects, which is also the basis of biophysics, in combination with von Neumann heuristic modeling and functional fractionation according to R.Rosen is discussed as a tool for studying the properties of consciousness. The object of the study is a kind of line of analog systems: the human brain, the vertebrate brain, the invertebrate brain and artificial neural networks capable of reflection, which is a key property characteristic of consciousness. Reflection in the broad sense of the word, understood as an internal representation of the external world, is characteristic of a wide range of animals, and some of them (bumblebees, fish) even demonstrate reflection in the narrow sense of the word, understood as an inner self-representation. This complex behavior is realized by miniature brains of ~1 million neurons. The use of simple recurrent neural networks (RNNs) to obtain answers to general questions is illustrated. For example, it has been shown a small RNS is able to pass delayed matching to sample (DMTS) test, forming an individual dynamic representation of the received stimulus, allowing decoding by a special external neural detector. . It has been demonstrated in the reflexive game “even-odd”, the RNS has a huge advantage over a multi-layered neural network, with the same and a larger number of neurons – reflection defeats regression. It was found that the asymmetry of outcomes in the odd-even game, which was explained by various causes, including psychological ones – “it’s easier to catch up than to run away”, is reproduced in the game of two RNNs. Obviously, there are no psychological causes here and the advantage of the player playing for “even” is explained by the more complex strategy of the “odd” player – he needs to predict the opponent’s move and choose the opposite one.

Keywords: ideal objects; heuristic modeling; analog systems; recurrence of reflection; delayed matching to sample test; reflection and regression; asymmetry of the even-odd game.

Введение

В настоящее время существует много (более 20) теорий сознания, базирующихся на различных философских и методологических основаниях [1-5], что означает наличие некоторого тупика в понимании природы сознания. В этой ситуации представляется естественным пытаться применять различные подходы и методы для продвижения в этой проблеме.

Возможности естественных наук в понимании природы сознания представляются достаточно ограниченными по двум причинам:

1) естественные науки работают с объективным миром, дающим возможность получать факты – инварианты эмпирического опыта, т.е. инварианты в отношении смены наблюдателя. В то же время сознание по природе своей субъективно и недоступно внешнему наблюдателю;

2) наука не занимается объяснением природы явлений, она может лишь строить математические описания – модели. По мнению А. Ю. Хренникова, «объяснить» взаимоотношения духа и материи также невозможно, как и, например, «объяснить» взаимоотношения вещества и электричества [6, с. 27]. В отличие от ситуации с сознанием Максвелл создал математическую модель, описывающую это взаимодействие. Тогда с позиции естественных наук проблема «сознание-материя» – это проблема построения математической модели, которая будет описывать ментально-физические процессы.

Современная когнитивная наука с подачи Ф. Крика и К. Коха [7-9] в основном отказалась от попыток дать научное определение сознания и занялась выявлением нейронных коррелятов сознания (НКС-концепция). Сложность в том, что попытки сопоставления различных феноменов сознания с нейрофизиологическими данными проводятся на сложнейшем материальном носителе – человеческом мозге, математическую модель которого вряд ли можно построить.

Выходом из создавшейся ситуации может быть параллельное движение сразу в двух направлениях:

1) перенос фокуса внимания на более простые системы, обладающие сознанием, и

2) изучение не всего многообразия феноменов сознания, а концентрация на некоторой ключевой характеристике сознания и изучение ее проявлений в условиях, гарантирующих либо ее наличие, либо отсутствие, что позволит выявить структуры, в которых она может проявиться, и найти условия ее реализации.

Оба эти направления характерны для биофизического подхода к изучению живых систем. И поэтому целью данной работы является обоснование применения биофизического подхода к феномену сознания, обсуждение его особенностей и связей с другими подходами к изучению сложных систем и демонстрация применения этого подхода к решению некоторых задач когнитивистики.

Методы и материалы

1. Что такое биофизика?

В первую очередь нужно описать специфику биофизического подхода. Не отвлекаясь на обсуждение различных определений биофизики [10, с. 4], сформулируем рабочее определение этой науки. За основу возьмем парадоксальное по форме определение, предложенное Л. А. Блюменфельдом: «Биофизика – это область биологии, в которой должны предпочтительно работать ученые, имеющие фундаментальное физическое образование» [11, с. 5]. По-видимому, он считал, что фундаментальное физическое образование имеет свои особенности и способ мышления человека, получившего это образование, отличается от способа мышления других специалистов.

Суть физического подхода исчерпывающе выразил известный биофизик Н. Рашевский: «Мы начинаем с исследования в высшей степени *идеализированных систем*, которые могут не иметь никаких прямых аналогов в реальной природе. ...Против такого подхода можно выдвинуть возражение, что подобные системы не имеют никакой связи с действительностью и что поэтому никакие заключения относительно таких систем не могут быть перенесены на реальные системы. Тем не менее именно этот подход применяли и всегда применяют в физике. Физик занимается детальным математическим исследованием таких нереальных вещей, как «материальные точки», «абсолютно твердые тела», «идеальные жидкости» и т.п. *В природе подобных вещей не существует.* Однако же физик не только изучает их, но и применяет свои выводы к *реальным вещам*. И что же? Такое применение ведет к практическим результатам – по крайней мере, в известных пределах. Все дело в том, что в этих пределах реальные вещи имеют свойства, общие с воображаемыми идеальными объектами!» (цитируется с небольшими сокращениями по Морвиц [12, с. 41].

Для иллюстрации этого подхода приведем пример из школьного курса физики – математический маятник: материальная точка (объект, имеющий массу, но не имеющий размера, – **не бывает!**), подвешена на невесомой (**не бывает!**), нерастяжимой (**не бывает!**), бесконечно тонкой (**не бывает!**) нити, с нулевым сопротивлением изгибу (**не бывает!**). При малом угле отклонения α от положения равновесия ($\sin\alpha \approx \alpha$) можно получить простое уравнение свободных колебаний этого маятника. Но, что самое интересное,

полученное выражение для зависимости периода колебаний от длины подвеса и ускорения свободного падения: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, применимо к реальным физическим маятникам (при малых углах отклонения) и позволяет рассчитывать их параметры.

На основе вышесказанного можно сформулировать рабочее определение биофизики: *биофизика – это наука, занимающаяся построением и исследованием идеализированных систем, моделирующих ключевые свойства живого на разных уровнях его организации.*

2. Эвристические модели и функциональное фракционирование

Если изучаемая система очень сложна, то выделить идеализированную подсистему очень непросто. В этом случае исследователи стараются найти природный модельный объект, упрощающий изучение требуемого общего свойства, а также могут обратиться к математическим моделям особого вида. Полезность перехода к искусственным модельным объектам обосновал фон Нейман: «Поскольку у нас нет достаточно ясного представления о том, как функционируют живые организмы, то обращение к органике большой пользы нам не принесет. Мы займемся поэтому автоматами, которые мы в совершенстве знаем, ибо мы их сделали. Опишем автоматы, способные воспроизводить себя» [13, с. 98].

Подход, основанный на построении абстрактных моделей, был назван Дж. фон Нейманом *эвристическим методом*, сущность которого заключалась в том, что поиск решения на компьютере не является самоцелью, а ведется для того, чтобы выявить удобные понятия, широко приложимые принципы и построить общую теорию.

Для выбора адекватной эвристической модели необходимо решить, какое свойство или признак исследуемой системы является важным и в то же время общим для широкого класса биологических систем данного типа. По мнению Дж. Бернала, «биология методологически отличается от других естественных наук тем, что в фокусе внимания находятся, прежде всего, *функционалирование* и эволюция систем. Структура здесь имеет значение только в связи с функцией и происхождением...» [14, с. 112].

Выделение Берналом функционирования, как особой харак-

теристики живого, согласуется с подходом Н. Рашевского и его ученика Р. Розена. Рашевский писал: «...Данному набору входов в некоторый орган соответствует определенный набор выходов. Если мы изменим какие-то входы, мы тем самым изменим выходы. Соответствие в математике называют *отображением*. Следовательно, мы можем сказать, что орган отображает множество входов на соответствующее множество выходов. Весь организм, таким образом, становится набором или системой отображений» [15, с. 63].

Вклад самого Розена в теорию сложных систем уникален в том смысле, что он подходил к биологической организации по сути нередукционистским способом. Вместо обсуждения физических объектов (генов, ферментов, органелл и т. д.) он рассматривал системные функции (метаболизм, самовоспроизводство, организационный инвариант) [16].

Розеном выдвинут тезис, что любое функциональное свойство данной системы может быть исследовано одинаково хорошо на любом из системных аналогов или даже целиком абстрактно. Такое абстрактное функциональное свойство, проявляемое каждым из системных аналогов, которые *реализуют* абстрактную систему, он назвал *динамической метафорой*.

На этом пути развивается то, что может быть названо *функциональным фракционированием*, представляющим сложную систему в виде совокупности динамических метафор. Такие динамические метафоры могут играть важную роль в нашем понимании биологических процессов, в отличие от обыкновенного структурного моделирования [17].

Принимая, как это делал Р. Розен, функционирование за основу рассмотрения, мы делаем акцент на целостном представлении биологических систем, поскольку функция – это то, что отличает биологическую систему от простого набора компонентов. Невозможно изучать живое, рассматривая только материальные компоненты системы и упуская ее функциональный компонент. Принятие этой идеи означает, что признается онтологический статус чего-то иного, чем только атомы и молекулы [18].

3. Сознание у животных

Вернемся к проблеме сознания. Сначала обсудим возможности движения по первому направлению, приведенному во введе-

нии: перенос фокуса внимания на более простые системы, обладающие сознанием.

Все больше исследователей [19-25] считают, что сознанием обладают все животные, способные к сложному поведению, поскольку такое поведение невозможно без наличия у животных внутренней репрезентации внешнего окружения.

Одним из ярких примеров является прохождение рыбками зеркального теста Гэллапа [26], считающегося критерием наличия самосознания и заставляющего либо признать наличие у этих рыбок (с мозгом, содержащим 5 млн нейронов) сознания, либо отказаться от признанного теста.

Эксперименты с общественными насекомыми (муравьи, пчелы, шмели), имеющими не более 1 млн нейронов [27-31], продемонстрировали, что эти организмы обладают внутренней картиной мира, а также способны к категоризации, абстрагированию и даже к манипулированию позициями восприятия.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что нужно перестать воспринимать самосознание животных «как нечто черное-белое», как состояние «нет» либо «есть». Эта функция мозга может эволюционно развиваться последовательно, через серию усложняющихся стадий. Очевидное существование градаций уровня сознания и/или осознания открывает перспективы исследования феноменов сознания на более простых организмах, а значит, и их моделирование с помощью существенно более простых моделей.

4. Рефлексия – ключевая характеристика сознания

Теперь, в соответствии с подходом биофизики, соответствующим второму направлению движения, приведенному во введении, и скорректированным в соответствии с идеями Розена, нужно выделить (фракционировать) ключевую функцию сознания и исследовать ее свойства на системах-аналогах.

Наличие внутренней репрезентации внешнего мира (рефлексия в широком смысле, понимаемая как отражение внешнего мира), по мнению многих специалистов, является ключевым свойством или характеристикой сознания [19-21]. А появление в этой репрезентации внешнего мира образа себя (появление третьей позиции восприятия, или рефлексии в узком смысле, как ее понимают психологи) некоторые авторы рассматривают как появление сознания, т.е., по их мнению, сознание = рефлексия [32; 33].

Тем самым мы подходим к наличию своеобразной линейки систем-аналогов: мозг человека, мозг позвоночных, мозг беспозвоночных, искусственные нейронные сети, т. е. эвристические модели по фон Нейману. Причем ключевое свойство или выделенная функция – рефлексия – может регистрироваться в эксперименте достаточно определенно.

Следуя логике эвристического моделирования для выделения сути рефлексивных процессов в узком смысле, нужно исследовать такие виды поведения, которые содержат минимальный вклад других когнитивных функций – логического рассуждения, распознавания образов, памяти и др. Этим требованиям почти идеально соответствуют рефлексивные игры [34; 35].

Еще одним перспективным видом экспериментов с эвристическими моделями рефлексии является постановка перед нейронной сетью такой задачи, которая не может быть решена без внутреннего отображения окружающего мира. Примером такой задачи является тест Отложенного Сравнения с Образцом (ОСО-тест), который был в частности использован для доказательства наличия рефлексии у пчел [36]. С него и начнем рассмотрение примеров использования эвристических нейросетевых модельных объектов.

Результаты исследования и обсуждение

1. Прохождение нейронной сетью теста Отложенного Сравнения с Образцом

В работах [37; 38] использовались простые рекуррентные нейронные сети (РНС), имеющие два входа, два выхода и содержащие 25 внутренних нейронов. Данное число нейронов было определено эмпирически как минимально необходимое для решения задачи.

Начальные значения весовых коэффициентов выбирались случайным образом из диапазона $(-0.025; 0.025)$. Отклик РНС в момент времени t регистрировался на двух выходных нейронах:

$$\begin{aligned} y_h^t &= f_h(W_h \cdot y_h^{(t-1)} + W_i \cdot x^{(t)}), \\ y_o^t &= f_o(W_o \cdot y_h^{(t)}). \end{aligned} \quad (1)$$

где W_h , W_i , W_o – матрицы весовых коэффициентов внутренних нейронов, входов и выходных нейронов соответственно; $x^{(t)}$ – вектор входных сигналов в момент времени t ; $y^{(t)}$ и $y^{(t-1)}$ – векторы, описывающие уровни возбуждения внутренних нейронов в мо-

менты времени t и $t-1$, $f_h(\cdot)$ и $f_o(\cdot)$ – функции активации внутренних и выходных нейронов соответственно. Для простоты в уравнениях опущены смещения нейронов.

Активационная функция внутренних нейронов имела сигмоидный вид (2a). Кусочно-линейная функция активации (2b) выходных нейронов использовалась для получения точного выходного сигнала 0/1.

$$a) f_h(x) = \frac{1}{2} \left(\frac{x}{a + |x|} + 1 \right),$$

$$b) f_o(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 0, \\ b \cdot x, & \text{if } 0 < x < 1, \\ 1, & \text{if } x \geq 1. \end{cases} \quad (2)$$

Параметры функций активации (2) имели значения $a=0,1$ и $b=1$, подобранные эмпирически для наиболее быстрого обучения РНС. Шаг модификации синапсов задавался равным 10^{-3} .

Обучение РНС проводилось с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. Здесь и во втором примере использовалась квадратичная функция потерь:

$$C = \frac{1}{2} \sum_i^N (\alpha_i^t - \delta_i^t)^2 \quad (3)$$

где α_i^n – сигнал на выходных нейронах в момент времени n , δ_i^n – требуемый от сети сигнал в момент времени t , N – количество выходных нейронов.

В настоящей работе отложенный тест сравнения проводился следующим образом. На вход РНС в случайный момент времени поступал один из трех случайно выбранных стимулов – входных векторов: А – (01), В – (10) и С – (11). Далее наступала пауза, продолжительность которой выбиралась случайно в интервале от 3 до 6 тактов. Затем на вход РНС поступал второй стимул из трех возможных, также выбранный случайно. На третий такт после представления второго стимула РНС должна была выдать одиночный сигнал на первом выходном нейроне, если стимулы совпадали, и одиночный сигнал на втором выходном нейроне, если стимулы различались (рисунок 1).

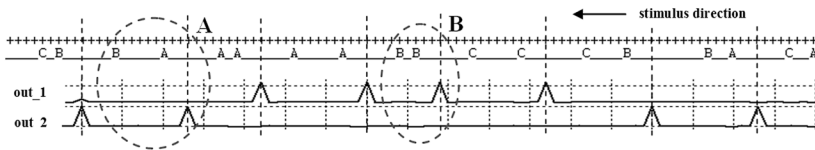


Рисунок 1. Фрагмент последовательности входных сигналов и откликов РНС. Знаки (+) показывают качество функционирования. Строка (A, B, C, _) показывает входной поток стимулов. Out_1 и out_2 соответствуют сигналам выходных нейронов. Пунктирной линией обведены примеры отклика РНС на различающиеся (A) и совпадающие (B) стимулы

Оказалось, что информация о первом стимуле хранится в РНС в виде динамического паттерна, причем различия между паттернами активности, соответствующими данному стимулу в разные моменты времени, более значительны, чем между паттернами, соответствующими разным стимулам в один и тот же момент времени (рисунок 2).

Для выявления общих закономерностей были использованы различные методы – от простого сравнения средних и метода центроидов [39] до метода кросс-временной классификации [40]. Кросс-временная классификация показала наличие возможности для декодирования внутренних динамических паттернов нейронной активности.

Попытка осуществить идентификацию обрабатываемого в данный момент стимула по паттерну нейронной активности методом центроидов показала, что его эффективность не превышает 80%, что объясняется уже упомянутой высокой вариабельностью сигнала.

Надежное распознавание содержания перерабатываемой нейросетью информации по динамическим паттернам возбуждений нейронов было достигнуто при использовании нейронной сети, выполняющей роль Нейросетевого Детектора (НД). В качестве НД использовалась однослойная нейронная сеть из трех нейронов с линейной характеристикой (2b). Каждый нейрон имел модифицируемый синапс с каждым из входов, число которых равнялось количеству нейронов РНС. НД выдавал единицу на одном из трех

нейронов, соответствующем приписанному стимулу, и нули на остальных. Для обучения использовался алгоритм обратного распространения ошибки. Обученные НД декодировали репрезентируемые РНС стимулы с точностью 100%.

Тем самым однослойная нейронная сеть оказалась способна надежно определять по динамически изменяющемуся паттерну активности нейронов вид инициирующего эту активность стимула. Детекторная нейронная сеть фактически выделила линейный инвариант возбуждений каждого из стимулов. Дополнительная процедура редукции сложности нейронной сети позволяет получать минимальный по сложности линейный инвариант. На рисунке 2 в качестве иллюстрации показана динамика внутреннего возбуждения нейронов, выделенных нейронным детектором, для стимулов *A*, *B* и *C*.

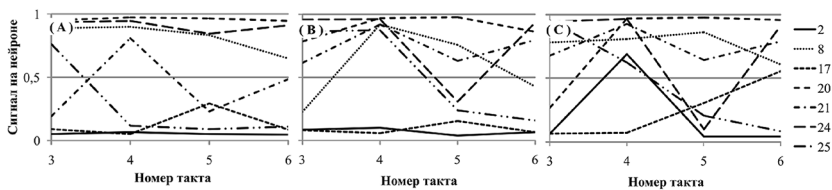


Рисунок 2. Динамика возбуждения нейронов, выделенных нейронным детектором, репрезентирующих соответствующий входной стимул (*A*, *B* и *C*)

Нужно отметить, что для каждой из РНС, проходящих ОСО-тест, нужно формировать свой нейросетевой детектор, т.е. у каждой нейронной сети свой «индивидуальный» нейродинамический код рефлексивного представления внешнего воздействия. Однако сложности найденных линейных инвариантов для разных нейросетей, проходящих один и тот же ОСО-тест, оказались сопоставимы, что, впрочем, и следовало ожидать.

2. Сравнение эффективности рекуррентной и многослойной нейронных сетей: рефлексия против регрессии

В работе [41] были использованы полносвязные РНС и многослойные нейронные сети (МНС) из трех слоев с разным количеством нейронов. Кроме того, мы использовали различную глубину распространения ошибок для РНС и длину регистра сдвига, отображающего предыдущие ходы партнера по игре для МНС.

Нейросети играли друг с другом в рефлексивную игру «чет-нечет», в которой нет фиксированной выигрышной стратегии, а ничейный в среднем результат достигается случайным выбором хода. Если игроки пытаются избежать ничьей, то игра становится нетривиальной: победителем становится тот, кто лучше предсказывает ходы противника.

Чтобы выделить только влияние структуры на игровые способности нейросетей, функции перехода для РНС и МНС были выбраны идентичными:

$$\alpha_i^{n+1} = \frac{\rho_i^n}{a + |\rho_i^n|}, \rho_i^n = \sum_j w_{ij} \alpha_j^n + A_i^n, \quad (4)$$

где w_{ij} – матрица весовых коэффициентов, A_i^n – входные сигналы, α_i^n – выходной сигнал j -го нейрона в n -ый момент времени, a – константа, задающая крутизну активационной функции нейрона.

Информация о ходах партнера подается через два входных нейрона РНС и в первый разряд сдвигового регистра МНС. Соотношение сигналов двух выходных нейронов определяет ход нейронной сети – “0” или “1”. Целевые функции для нейросетей различаются, потому что одна нейросеть выигрывает, когда ее ход совпадает с ходом второй нейросети, а вторая нейросеть выигрывает, когда делает ход, отличный от хода противника:

$$H_1(\alpha_i^n, n) = \frac{1}{2} \left[(\alpha_3^n - move2)^2 + (\alpha_4^n - (1 - move2))^2 \right], \quad (5)$$

$$H_2(\alpha_i^n, n) = \frac{1}{2} \left[(\alpha_3^n - (1 - move1))^2 + (\alpha_4^n - move1)^2 \right].$$

Синапсы РНС и МНС изменялись после каждого хода в соответствии с алгоритмом обратного распространения ошибки.

Сравнение игровых способностей РНС и МНС показало, что при одинаковом количестве нейронов и глубине памяти (глубина распространения ошибки в прошлое) МНС в целом демонстрируют значительно худшее качество игры, чем РНС (МНС выигрывает в среднем в ~10% случаев).

В рефлексивных играх устойчивый выигрыш подразумевает, что у выигравшего игрока рефлексия на один ранг выше, чем у соперника. В пользу предположения о том, что в большинстве проанализированных игровых паттернов (рисунок 3) выигрыш был не результатом случайного успеха, а результатом «сознательного»

(рефлексивного) выбора хода, говорит разделение всех игровых паттернов на две группы (рисунок 4). В случае случайных исходов игры такая кластеризация представляется невозможной.

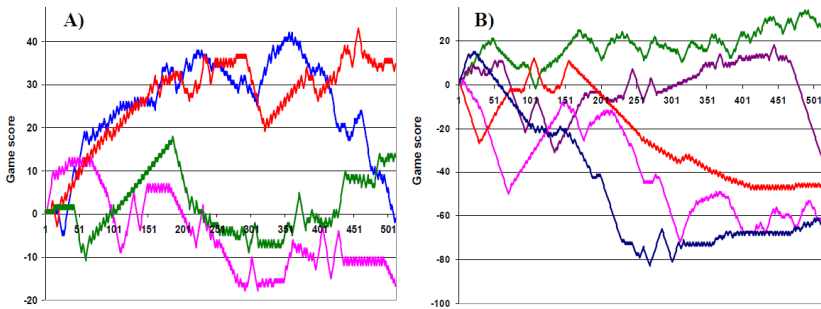


Рисунок 3. Примеры игровых паттернов двух РНС (А) и рекуррентных и многослойных нейросетей (В)

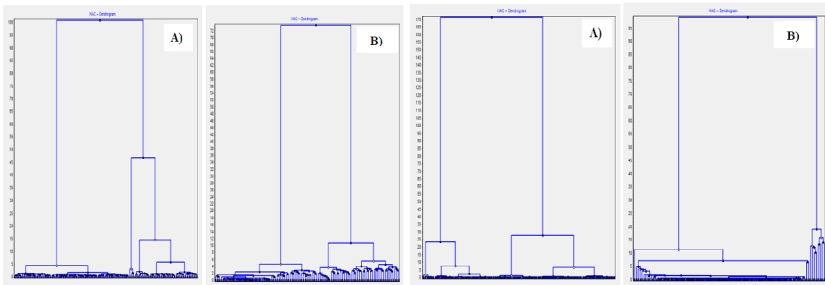


Рисунок 4. Иерархическое дерево близости частотных (А) и фазовых (В) спектров преобразования Фурье игровых паттернов между рекуррентными (левая пара) и рекуррентными и многослойными (правая пара) нейросетями

Тем самым было продемонстрировано, что регрессия не может эффективно заменить рефлексивность в некооперативных стратегических взаимодействиях, которые включают рефлексивные игры. Из чего следует, что разработка по-настоящему мощного искусственного интеллекта невозможна без воспроизведения рефлексивных процессов в интеллектуальных системах.

3. *О нейрофизиологической природе асимметрии игры «Чет-нечет»*

Вопрос о возможной асимметрии игры «чет-нечет» был поднят в статье [42] на примере мальчика из рассказа Э. А. По «Похищенное письмо». Этот мальчик оценивал ум и сообразительность противника и в зависимости от этого делал свои ходы. Авторы отметили, что мальчик всегда выбирал позицию угадывающего, т.е. он работал за «чет» – получал выигрыш, если стороны монеток совпадали. Авторы статьи задались вопросом о возможной асимметрии игры и предположили, что игрок за «чет» имеет какое-то преимущество. Они провели эксперименты с 55 парами игроков, которые играли в «чет-нечет» длительностью 24 раунда.

Было показано, что, действительно, игроки, играющие за «чет», выигрывали в среднем в 54% случаев, причем статистические оценки показали, что это отличие является достоверным. Авторы проверяли в эксперименте различные причины асимметрии, включая психологические, задавая различные формулировки ролей участников, например *«вводящий в заблуждение-угадывающий»* или *нейтральные «четная и нечетная игра»* или *«делающий первый ход и второй»*.

Среди гипотез была также чисто нейрофизиологическая или информационная, что задача игрока за «нечет» сложнее – нужно не только предсказать ход противника, но и выбрать противоположный ход для себя.

В конечном счете, авторы отметили, что могут одновременно срабатывать различные причины, подчеркнув, что даже в такой простой и знакомой игре, с очень простыми стратегиями равновесия, наблюдается систематическое отклонение от предсказания теории игр.

Для проверки вклада чисто информационной причины асимметрии нами были проведены игры совершенно идентичных нейронных сетей с генерируемыми случайным образом синаптическими весами. Было проведено более 10000 тыс. игр с нейронными сетями с разным числом нейронов – 10, 15 и 20. В среднем асимметрия выигрышей была ~54% в пользу «чет», т.е. удивительным образом совпала со значением, полученным в рассматриваемой статье.

Поскольку психологическая причина асимметрии в данном случае отсутствует полностью, то приходится признать, что пре-

имущество игрока, играющего за «чет», определяется в первую очередь различием в сложности принятия решения об очередном ходе. Хотя, конечно, полученный результат не отменяет и психологические причины асимметрии исходов в игре «чет-нечет», когда в нее играют люди. Кстати, подобные эксперименты с нейросетями, играющими в «камень-ножницы-бумага», показали отсутствие какой-либо асимметрии, что, впрочем, и ожидалось.

Заключение

На основании вышеописанного можно заключить, что использование простых систем-аналогов данного динамического свойства или данной функциональной характеристики системы – в данном случае это рефлексия – позволяет получить результаты, которые трудно или просто невозможно получить в реальном эксперименте. Например, очень трудно заставить 10000 человек играть в рефлексивную игру из 500 раундов, или получить доступ к каждому нейрону ансамбля, осуществляющего динамическую репрезентацию поступившего стимула, или отключить у испытуемого рефлексию и оставить только адаптивную рефлекторную реакцию.

Кроме того, эвристический модельный объект, в качестве которого в работе выступали рекуррентные нейронные сети, «прозрачен», про его структуру известно все и это позволяет сконцентрировать усилия непосредственно на выявлении общих закономерностей, а не на поиске кажущихся важными, а по сути бесконечных, деталей исследуемой структуры.

При этом нужно отметить своеобразный парадокс: несмотря на то что в экспериментах с эвристическими нейросетевыми моделями используются очень простые абстрактные стимулы и сама нейронная сеть является в высшей степени абстрактной моделью реальной биологической системы, она позволяет достигнуть конкретности в описании столь трудно формализуемых свойств, как «структура», «функция», «сложность» и «рефлексия», что очень трудно сделать в отношении живых систем.

Представляется, что дальнейшее использование данного подхода будет продуктивным и позволит найти ответы на вопросы, которые легче поставить, чем получить на них ответ.

Литература

1. *Seth A. K., Bayne T.* Theories of consciousness // *Nature Reviews Neuroscience.* – 2022. – Vol. 23. – № 7. – P. 439-452.

2. *Васильев В. В.* Трудная проблема сознания. – М.: Прогресс-Традиция, 2009. – 272 с. (*Vasil'ev V. V.* Hard problem of consciousness. – М.: Progress-Traditsiya, 2009. – 272 p.)
3. *Ревонсуо А.* Психология сознания. – СПб.: Питер, 2013. – 309 с. (*Revonsuo A.* Psychology of consciousness. – SPb.: Piter, 2013. – 309 p.)
4. *Чалмерс Д.* Сознательный ум. В поисках фундаментальной теории. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2003. – 512 с. (*Chalmers D.* Conscious mind. In search of a fundamental theory. – М.: URSS: Knizhnyi dom «LIBROKOM», 2003. – 512 p.)
5. *Пенроуз Р.* Тени разума: в поисках науки о сознании. – М.-Ижевск: Институт космических исследований, 2005. – 688 с. (*Penrose R.* Shadows of the Mind: In Search of a Science of Consciousness // R. Penrose. – М.-Izhevsk: Institut kosmicheskikh issledovaniy, 2005. – 688 p.)
6. *Хренников А. Ю.* Моделирование процессов мышления в p-адических системах координат. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 296 с. (*Khrennikov A. Yu.* Modeling of thinking processes in p-adic coordinate systems. – М.: FIZMATLIT, 2004. – 296 p.)
7. *Crick F., Koch C.* Towards a neurobiological theory of consciousness // *Seminars in the Neurosciences* // Saunders Scientific Publications. – 1990. – Vol. 2. – P. 263-275.
8. *Crick F., Koch C.* A framework for consciousness // *Nature neuroscience*. – 2003. – Vol. 6. – № 2. – P. 119-126.
9. *Frith C.* The quest for consciousness: A neurobiological approach // *American Journal of Psychiatry*. – 2005. – Vol. 162. – № 2. – P. 407-407.
10. *Барцев С. И., Барцева О. Д.* Эвристические нейросетевые модели в биофизике: приложение к проблеме структурно-функционального соответствия. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. – 115 с. (*Bartsev S. I., Bartseva O. D.* Heuristic neural network models in biophysics: application to the problem of structural-functional correspondence. – Krasnoyarsk: Sibirskij federal'nij universitet, 2010. – 115 p.)
11. *Блюменфельд Л. А.* Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 160 с. (*Blumenfeld L. A.* Solvable and unsolvable problems of biological physics. – М.: Editorial URSS, 2002. – 160 p.)
12. *Моровиц Г.* Исторический очерк // Теоретическая и математическая биология. – М.: Мир, 1968. – С. 34-48. (*Morovits G.* Historical sketch // *Teoreticheskaya i matematicheskaya biologiya*. – М.: Mir, 1968. – P. 34-48.)
13. *Фон Нейман Дж.* Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971. – С. 382. (*Von Neumann J.* Theory of self-reproducing automata. – М.: Mir, 1971. – P. 382.)
14. *Бернал Дж. Д.* Молекулярная структура, биохимическая функция и эволюция // Теоретическая и математическая биология. – М.: Мир, 1968. – С. 110-151. (*Bernal J. D.* Molecular structure, biochemical physics and evolution // *Teoreticheskaya i matematicheskaya biologiya*. – М. Mir, 1968. – P. 110-151.)

15. *Рашевский Н.* Модели и математические принципы в биологии // Теоретическая и математическая биология. – М.: Мир, 1968. – 448 с. (*Rashevsky N.* Models and mathematical principles in biology // Teoreticheskaya and matematicheskaya biologiya. – М.: Mir, 1968. – 448 p.)
16. *Rosen R.* A relational theory of biological systems // The bulletin of mathematical biophysics. – 1959. – Vol. 21. – P. 109-128.
17. *Lennox J.* Robert Rosen and relational system theory: an overview // PhD Dissertation. – The City University of New York, 2022. – 195 p.
18. *Mikulecky D. C.* Complexity, communication between cells, and identifying the functional components of living systems: some observations // Acta Biotheoretica. – 1996. – Vol. 44. – № 3-4. – P. 179-208.
19. *Bickhard M. H.* Consciousness and reflective consciousness // Philosophical Psychology. – 2005. – Vol. 18. – № 2. – P. 205-218.
20. *Dehaene S., Lau H., Kouider S.* What is consciousness, and could machines have it? // Science. – 2017. – Vol. 358. – № 6362. – P. 486-492.
21. *Land M. F.* Do we have an internal model of the outside world? // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2014. – Vol. 369. – № 1636. – P. 20130045.
22. *Chang A. Y. C., Biehler M., Yu Y., Kanai R.* Information closure theory of consciousness // Frontiers in Psychology. – 2020. – Vol. 11. – P. 1504.
23. *Lamme V. A. F.* Challenges for theories of consciousness: seeing or knowing, the missing ingredient and how to deal with panpsychism // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2018. – Vol. 373. – № 1755. – P. 20170344.
24. *Zalucki O., Van Swinderen B.* What is unconsciousness in a fly or a worm? A review of general anesthesia in different animal models // Consciousness and cognition. – 2016. – Vol. 44. – P. 72-88.
25. *Nieder A., Wagener L., Rinnert P.* A neural correlate of sensory consciousness in a corvid bird // Science. – 2020. – Vol. 369. – № 6511. – P. 1626-1629.
26. *Kohda M. et al.* Further evidence for the capacity of mirror self-recognition in cleaner fish and the significance of ecologically relevant marks // PLoS biology. – 2022. – Vol. 20. – № 2. – P. e3001529.
27. *Alem S., Perry C. J., Zhu X., Loukola O. J., Ingraham T., Søvik E., Chittka L.* Associative mechanisms allow for social learning and cultural transmission of string pulling in an insect // PLoS biology. – 2016. – Vol. 14. – № 10. – P. e1002564.
28. *Avarguès-Weber A., Giurfa M.* Conceptual learning by miniature brains // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2013. – Vol. 280. – № 1772. – P. 20131907.
29. *Howard S. R., Avarguès-Weber A., Garcia J. E., Greentree A. D., Dyer A. G.* Numerical ordering of zero in honey bees // Science. – 2018. – Vol. 360. – № 6393. – P. 1124-1126.
30. *Loukola O. J., Perry C. J., Coscos L., Chittka L.* Bumblebees show cognitive flexibility by improving on an observed complex behavior //

- Science. – 2017. – Vol. 355. – № 6327. – P. 833-836.
31. Ulrich Y., Saragosti J., Tokita C.K., Tarnita C.E., Kronauer D.J.C. Fitness benefits and emergent division of labour at the onset of group living // *Nature*. – 2018. – Vol. 560. – № 7720. – P. 635-638.
 32. Лефевр В. А. Рефлексия. – М.: Когито-Центр, 2003. – 496 с. (*Lefebvre V.A. Reflection*. – М.: Kogito-Tsentr, 2003. – 496 p.)
 33. Peters F. Theories of consciousness as reflexivity // *The Philosophical Forum*. – 2013. – Vol. 44. – P. 341-372.
 34. Лефевр В. А. Лекции по теории рефлексивных игр. – М.: Когито-Центр, 2009. – 218 с. (*Lefebvre V.A. Lectures on the theory of reflexive games*. – М.: Kogito-Tsentr, 2009. – 218 p.)
 35. Camerer C.F., Ho T.H., Chong J.K. A cognitive hierarchy model of games // *The Quarterly Journal of Economics*. – 2004. – Vol. 119. – № 3. – P. 861-898.
 36. Giurfa M. Behavioral and neural analysis of associative learning in the honeybee: a taste from the magic well // *Journal of comparative physiology A*. – 2007. – Vol. 193. – № 8. – P. 801-824.
 37. Барцев С. И., Батурина П. М., Маркова Г. М. Нейросетевое декодирование информации о внешнем стимуле по паттерну нейронной активности рекуррентной нейронной сети // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. – 2022. – Т. 502. – № 1. – С. 48-53. (*Bartsev S.I., Baturina P.M., Markova G.M. Neural network-based decoding input stimulus data based on recurrent neural network neural activity pattern // Doklady Biological Sciences*. – М.: Pleiades Publishing, 2022. – Vol. 502. – № 1. – P. 1-5.)
 38. Bartsev S.I., Markova G.M. Decoding of stimuli time series by neural activity patterns of recurrent neural network // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2022. – Vol. 2388. – № 1. – P. 012052.
 39. Crowe D.A., Averbeck B.B., Chafee M.V. Rapid sequences of population activity patterns dynamically encode task-critical spatial information in parietal cortex // *Journal of Neuroscience*. – 2010. – Vol. 30. – № 35. – P. 11640-11653.
 40. Meyers E.M., Freedman D.J., Kreiman G., Miller E.K., Poggio T. Dynamic population coding of category information in inferior temporal and prefrontal cortex // *Journal of neurophysiology*. – 2008. – Vol. 100. – № 3. – P. 1407-1419.
 41. Bartsev S., Markova G. Recurrent and multi-layer neural networks playing Even-Odd: reflection against regression // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 734. – № 1. – P. 012109.
 42. Eliaz K., Rubinstein A. Edgar Allan Poe's riddle: Framing effects in repeated matching pennies games // *Games and Economic Behavior*. – 2011. – Vol. 71. – № 1. – P. 88-99.

УДК 165.12

DOI 10.17726/phillТ.2023.2.10



**Сознание, тело, интеллект, язык
в эпоху когнитивных технологий.
Краткий обзор конференции MBIL-2023**

Барышников Павел Николаевич,

*доктор философских наук, доцент,
профессор кафедры исторических и социально-философских
дисциплин, востоковедения и теологии,
Пятигорский государственный университет Пятигорск, Россия*

pnbaryshnikov@pgu.ru

Аннотация. Наука как социальный институт сегодня переживает фазу глубинной трансформации. Меняются объекты, методы, исследовательские технологические инструменты, способы институциональной коммуникации и механизмы коммерциализации нового знания. Создание новых коммуникационных междисциплинарных площадок сегодня актуально как никогда. В данном обзоре представлена ключевая информация о Первой всероссийской конференции «Сознание, тело, интеллект и язык в эпоху когнитивных технологий», организаторы которой создали событие, объединившее IT-разработчиков, академических исследователей, представителей бизнес-сферы.

Ключевые слова: MBIL; конференция; Пятигорский государственный университет; сознание; тело; интеллект; язык; когнитивные технологии.

**Mind, body, intelligence and language
in the era of cognitive technologies.
Brief overview of the MBIL-2023 conference**

Baryshnikov Pavel N.,

*Doctor of science (in Philosophy), assistant professor,
Professor of the Department of Historical and Socio-Philosophical
Disciplines, Oriental Studies and Theology,
Pyatigorsk State University Pyatigorsk, Russia*

pnbaryshnikov@pgu.ru

Abstract. Science as a social institution today is experiencing a phase of profound transformation. Objects, methods, research technological tools, methods of institutional communication and mechanisms for commercializing new knowledge are changing. The creation of new interdisciplinary communication platforms is more relevant today than ever before. This review provides key information about the First Conference «Mind, Body, Intelligence, Language in the Age of Cognitive Technologies». The organizers created an event that brought together IT developers, academic researchers, and business representatives.

Keywords: MBIL; conference; Pyatigorsk State University; mind; body; intelligence; language; cognitive technologies.

Последние десятилетия не только преобразили философскую проблематику, связанную с языком, сознанием, интеллектом и телесностью, но и кардинально изменили методологические подходы к ним в когнитивной науке. Прежние парадигмы, основанные на «компьютерной метафоре» и «добром старом искусственном интеллекте», уступили место статистическим подходам, глубокому обучению, эволюционным и генетическим алгоритмам. Технологии, связанные с искусственными нейросетями и архитектурами параллельных распределенных вычислений, глубоко вошли в повседневные практики управленцев и обывателей, а лингвисты, нейрофизиологи, биологи и даже медики все больше усматривают в своих предметах возможности их моделирования на основе информационных сетей и вычислительных систем той или иной архитектуры.

Информационно-компьютерная реализация языковых и когнитивных процессов на современном этапе становится ключевой задачей научно-технологического развития. Решение такой задачи дает человечеству эффективные инструменты постижения природной действительности и управления социальными системами. На этом пути возникает целый комплекс вопросов философского уровня, связанных с проблемой сознания, тела, коммуникации, методологии компьютерных наук и информационных технологий. Особое место занимают вычислительные модели языка, сознания, интеллектуальных и когнитивных функций в рамках инженерно-технических подходов.

28-30 сентября на базе Пятигорского государственного университета прошла Первая всероссийская конференция «Созна-

ние, тело, интеллект и язык в эпоху когнитивных технологий (МВІЛ-2023)» в рамках сотрудничества нашего вуза с Институтом философии РАН и Научным советом по методологии ИИ при Президиуме РАН.

Идея конференции возникла еще зимой 2021 года, в частной беседе научных работников ПГУ, ИФ РАН и НСММИ РАН. Основной замысел состоял в том, чтобы создать междисциплинарную площадку для научных коммуникаций. К концептуальной проработке проекта решили приступить осенью 2022 г. – ровно за год до предстоящего события. Год пролетел незаметно в подготовительных хлопотах: запустили сайт, регистрационную форму, обработали заявки, тезисы, выпустили сборник, сувенирную продукцию, продумали этапы приема гостей.

Привлечению внимания к этому научному событию во многом способствовал звездный состав ключевых докладчиков. На пленарном заседании МВІЛ-2023 участники смогли прослушать следующие доклады:

- «Сознание в когнитоме» – Анохин Константин Владимирович, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор Института перспективных исследований мозга, МГУ имени М. В. Ломоносова;

- «Язык и сознание в цифровом мире: человеческое, слишком человеческое?» – Черниговская Татьяна Владимировна, член-корреспондент РАО, доктор биологических наук, доктор филологических наук, профессор, директор Института когнитивных исследований, Санкт-Петербургский государственный университет;

- «4 E cognition и предиктивная обработка информации» – Лекторский Владислав Александрович, академик РАН, академик РАО, доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Института философии РАН, декан философского факультета, Государственный университет гуманитарных наук (ГАУГН);

- «Есть ли кризис в аналитической философии сознания?» – Васильев Вадим Валерьевич, член-корреспондент РАН, доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой истории зарубежной философии философского факультета, МГУ имени М. В. Ломоносова;

- «Сознание по Чейфу» – Кибрик Андрей Александрович, доктор филологических наук, директор Института языкознания РАН, профессор, МГУ имени М. В. Ломоносова;

• «Поликодовый текст как пространство манифестации конфликтогенности» – Алимуратов Олег Алимуратович, доктор филологических наук, доцент, главный научный сотрудник НОЦ «Прикладная лингвистика, терминоведение и лингвокогнитивные технологии», Пятигорский государственный университет.

Особенный интерес вызвала презентация книги (Варела Ф., Томпсон Э., Рош Э. Отелесненный ум. Когнитивная наука и человеческий опыт; пер. с англ. К. Тулуповой; отв. ред. В. Лысенко; предисловие к рус. изд. академика В. Лекторского. – М.: Фонд «Сохраним Тибет», 2023. – 456 с. – (Буддизм и наука)), представленной Викторией Георгиевной Лысенко, доктором философских наук, главным научным сотрудником ИФ РАН, руководителем сектора восточных философий.

Каковы были масштабы события? Действительно, получилось большое мероприятие с участием более 130 очных докладчиков (в том числе и зарубежных). Представлены такие города, как Абакан, Волгоград, Вологда, Дармштадт, Екатеринбург, Казань, Краснодар, Красноярск, Куала-Лумпур, Магнитогорск, Майкоп, Москва, Мурманск, Мытищи, Новороссийск, Новосибирск, Пермь, Пятигорск, Ростов-на-Дону, Самара, Санкт-Петербург, Саратов, Томск, Химки, Электросталь, Ярославль. Оргкомитет подготовил для участников пленарного заседания и секций просторные залы и аудитории, чтобы в них могли разместиться докладчики и слушатели.

Конференция включала в себя 7 секций и 1 круглый стол. Охват междисциплинарных тем: от искусственного сознания и проблем языка в ракурсе компьютерных наук до этических проблем искусственных сред и когнитологии музыки:

- Секция 1. Искусственное сознание в фокусе философии, науки и технологий;
- Секция 2. Вычислительные модели разума в зеркале научных метафор;
- Секция 3. Дискурс и текст через призму компьютерных технологий;
- Секция 4. Интеллектуальные процессы, данные и алгоритмы в социальных системах;
- Секция 5. Тело, язык и действие в философии, лингвистике и компьютерных науках;
- Секция 6. Проблема доверия к системам искусственного интеллекта;

- Секция 7. Этические проблемы искусственных сред и технологий;

- Круглый стол. Когнитология музыки: образы, структуры, вычисления. В первый день конференции гостей ждал приветственный ужин, в третий день конференции – культурная программа, включавшая в себя экскурсии по исторической части Пятигорска, которую провели волонтеры ПГУ.

Оргкомитет MBIL-2023 благодарит руководство Пятигорского государственного университета в лице ректора профессора А. П. Горбунова за оказанное гостеприимство. Также нельзя не отметить неоценимую помощь со стороны Волонтерского центра ПГУ, Центра по организации трудоустройства студентов и выпускников, реализации проектной, конкурсной и аукционной деятельности, Управления научной работы, Управления информатизации, Отдела интернет-портала, Медиацентра. Без работы операторов, фотографов, технической поддержки и участия студентов-волонтеров многие организационные вопросы остались бы нерешенными. С концепцией, программой и сборником тезисов конференции [1] можно ознакомиться на сайте: <https://mbil-conf.ru>. Оргкомитет конференции MBIL продолжает свою работу, планируя проводить подобные мероприятия на регулярной основе.

Литература

1. Сознание, тело, интеллект и язык в эпоху когнитивных технологий (MBIL-2023): Тезисы докладов Первой всероссийской конференции, 28-30 сентября 2023 г., г. Пятигорск, Пятигорский государственный университет; отв. ред. В. А. Лекторский. – Пятигорск: ПГУ, 2023. – 313 с.

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ информационных технологий и киберпространства

№ 2 (24) 2023

ISSN 2305-3763

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
Эл. № ФС77-50786

<https://cyberspace.pgu.ru>

Цели сетевого журнала «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства»:

- Повысить статус социо-гуманитарного знания в фундаментальных проблемах развития информационного общества.
- Осветить новые теоретические междисциплинарные направления в современных областях философии техники, социальной эпистемологии, когнитивных науках, теории искусственного интеллекта.
- Расширить сферу профессионального диалога в области информационных технологий, теории киберпространства, виртуалистики, искусственного интеллекта, когнитивных наук.
- Привлечь перспективных специалистов к совместной работе над проектами в гуманитарно-технологической сфере.
- Осуществить информационную поддержку для российских исследователей, работающих в указанных областях.
- Создать коммуникационную платформу для расширения сотрудничества российских и зарубежных профессиональных сообществ.

Задачи сетевого журнала «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства»:

- выпуск журнала, осуществление информационной деятельности,
- предоставление полнотекстового доступа к научным статьям,
- продвижение научного контента в отечественных и мировых базах данных,
- менеджмент и аналитика публикационной активности.

Журнал публикует научные статьи, краткие сообщения, обзоры научных мероприятий, рецензии, аннотации. Все материалы, публикуемые в журнале, проходят анонимное рецензирование с рассылкой мотивированных заключений.

Принципиальная политика редакции журнала - открытый доступ (Open Access) к научной информации, бесплатные публикации, постоянная работа над повышением качества научного контента.

В журнале публикуются статьи по следующим областям науки, группам научных специальностей и научным специальностям (согласно Номенклатуре научных специальностей, утвержденной Министерством науки и высшего образования РФ):

1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

1.2. Компьютерные науки и информатика

- 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение
- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

5. СОЦИАЛЬНЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

5.6. Исторические науки

- 5.6.6. История науки и техники

5.7. Философия

- 5.7.1. Онтология и теория познания
- 5.7.2. История философии
- 5.7.6. Философия науки и техники
- 5.7.7. Социальная и политическая философия
- 5.7.8. Философская антропология, философия культуры

5.9. Филология

- 5.9.8. Теоретическая, прикладная и сравнительно-сопоставительная лингвистика
- 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

РУБРИКИ ЖУРНАЛА:

- Философия языка и компьютерная лингвистика
- История и философия информационных технологий
- Философия когнитивных наук (вычислительные подходы)
- Виртуалистика
- Философия сознания и методология искусственного интеллекта
- Гуманитарное измерение робототехники
- Информационное общество
- Футурология