

УДК 657. 330.101

DOI: 10.26140/anie-2021-1001-0023

## НЕЙРОННЫЙ КОНТУР ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ВЫБОРА И СРАВНЕНИЯ СУБЪЕКТИВНЫХ ЦЕННОСТЕЙ

© Автор(ы) 2021

SPIN: 5075-5664

AuthorID: 1067508

ORCID: 0000-0002-4376-0363

**БОРОДИНА Карина Михайловна**, ассистент кафедры «Анатомия человека»

*Курский государственный медицинский университет,*

*(305041, Россия, Курск, улица Карла Маркса дом 3, e-mail: karina\_borodina46@mail.ru)*

**Аннотация.** Экономический выбор в поведении человека предполагает достоверный расчет путем принятия субъективных ценностей. Цель нашего исследования изучить нейронный контур головного мозга с целью оценки принятия конкретных экономических решений для улучшения материального составляющего каждого субъекта исследования. Произведен расчет экономического выбора и сравнения его с субъективными ценностями путем использования эксперимента. Гипотеза состоит в том, что за правильность экономических решений отвечает передняя доля головного мозга, а центр принятия экономического выбора ориентирован непосредственно в орбитофронтальной коре. Результаты, полученные в других областях головного мозга, согласуются с идеей, что правильные решения экономического выбора принимаются в орбитофронтальной зоне коры головного мозга, и указывают на то, что ценностные сигналы влияют на множество функций головного мозга, предопределяющих главные экономические принципы. Таким образом, основываясь на данных исследования можно сделать выводы о непосредственной взаимосвязи коры головного мозга, принятия экономических решений и влияния субъективных ценностей. Данное исследование имеет огромное значение в повышении успеха любого человека, а именно его материального обеспечения, экономически правильного выбора и принятия мотивации в любой сложившейся ситуации.

**Ключевые слова:** экономика, экономический выбор, статистика, математическая модель, анатомия, нейробиология, головной мозг, орбитофронтальная зона, субъективные ценности, субъекты, материальная составляющая, мотивация, выбор, тренинг, эксперимент, модель дрейфа-подсчета.

## THE NEURAL CIRCUIT FOR THE CALCULATION OF ECONOMIC CHOICE AND COMPARISON OF SUBJECTIVE VALUES

© The Author(s) 2021

**BORODINA Karina Mikhailovna**, assistant of the Department «Human Anatomy»

*Kursk State Medical University*

*(305041, Russia, Kursk, street Karl Marx st.3, e-mail: karina\_borodina46@mail.ru)*

**Abstract.** Economic choice in human behavior involves a reliable calculation by accepting subjective values. The purpose of our study is to study the neural circuit of the brain in order to assess the adoption of specific economic decisions to improve the material component of each subject of the study. Economic choice is calculated and compared with subjective values by using an experiment. The hypothesis is that the anterior lobe of the brain is responsible for the correctness of economic decisions, and the center for making economic choices is oriented directly in the orbitofrontal cortex. The results obtained in other areas of the brain are consistent with the idea that correct economic choice decisions are made in the orbitofrontal cortex, and indicate that value signals influence many brain functions that determine the main economic principles. Thus, based on the research data, we can draw conclusions about the direct relationship of the cerebral cortex, economic decision-making and the influence of subjective values. This research is of great importance in increasing the success of any person, namely their material security, economically correct choice and acceptance of motivation in any given situation.

**Keywords:** economics, economic choice, statistics, mathematical model, anatomy, neurobiology, brain, orbitofrontal zone, subjective values, subjects, material component, motivation, choice, training, experiment, drift-counting model.

### ВВЕДЕНИЕ.

Нейроэкономика была активной областью исследований с начала 2000-х годов. Конечная цель этой области - понять механизмы мозга, лежащие в основе экономического выбора. Основная идея, уходящая корнями в экономическую теорию, состоит в том, что выбор включает в себя две мысленные стадии: сначала ценности присваиваются доступным вариантам, а затем принимается решение путем сравнения ценностей. Таким образом, для первого поколения исследований центральный вопрос заключался в том, действительна ли конструкция ценности на нейронном уровне. Самым важным результатом постановки цели стала демонстрация того, что субъективные ценности явно представлены в мозгу во время выбора поведения. Имея под рукой этот фундаментальный результат, исследователи все чаще обращались к вопросу о том, как сравниваются субъективные ценности для принятия решения. В последние несколько лет разные исследовательские группы преследовали разные рабочие гипотезы о нейронных механизмах, генерирующих решение, и об участках мозга, участвующих в этом процессе. В фокус исследований входили задняя теменная кора и роль зрительного внимания. Хотя эти направления исследований остаются активными, ряд недавних открытий связывает правильные решения, в частности, с активностью различных популяций нейронов в орбитофронтальной коре. Наиболее заметные до-

стижения были получены в результате экспериментов на нечеловеческих приматах и компьютерного моделирования. Исследования повреждений отделили вклад от соседней вентромедиальной префронтальной коры, в то время как нейрофизиология исследования установила тесную связь между активностью нейронов и выработкой экономических решений. Дополняя эти результаты, вычислительные модели показали, что группы нейронов, идентифицированные в этой области, необходимы и достаточны для принятия решений. Взятые вместе, эти линии доказательств предполагают, что правильные решения возникают из нейронного контура внутри орбитофронтальной коры. За последнее десятилетие большое количество исследований предоставило прямые или косвенные доказательства явного нейронального представления субъективных ценностей во время экономического выбора. Ценностные сигналы были обнаружены во многих областях мозга, в первую очередь в переднем его отделе. Не возвращаясь к этой литературе подробно, мы ограничиваем этот раздел несколькими соображениями, которые особенно важны для остальной части этой статьи [1-10].

Работа над нейронным представлением экономической ценности имеет предшественников в экономике и психологии. Классические экономисты, такие как, например Адам Смит основывали свои экономические теории на психологических концепциях удовольствия и

боли. Однако последующие поколения экономистов постепенно освободили свои модели от психологических построений - процесс, который завершился формулированием неоклассической, или стандартной, экономической теории. Стандартная экономика полностью отделена от психологии: теория полностью построена на «выявленных предпочтениях» и не зависит от того, являются ли ценности реальными психологическими или нейронными сущностями. Стандартная теория ограничивается тем, что отмечает, что при четко определенных условиях выбор делается «как будто» на основе присвоенных значений. В этой концепции понятие ценности довольно слабое. Тем не менее, экономическая теория предлагает мощную основу, на которой могут быть надежно закреплены поведенческие и физиологические факты. Другие предпосылки можно найти в теории обучения, области психологии, ориентированной на ассоциативное обучение. Современные ученые различают две концепции ценности. Первое, иногда называемое «кешированное значение», управляет относительно простыми процессами обучения, такими как описанные в классическом бихевиоризме. Результирующее поведение, называемое «привычным», хорошо учитывается математическими моделями обучения с подкреплением, которые определяют «ценность» состояния как общую сумму вознаграждения, которое агент может ожидать накопить, начиная с этого состояния. Важно отметить, что кэшированные значения изучаются как таковые и, таким образом, фиксируются. Следовательно, кэшированные значения не могут учитывать гибкое поведение, подобное тому, которое наблюдается в экспериментах по девальвации подкрепления. В этих экспериментах испытуемые сначала учатся выполнять задание, чтобы получить определенное вознаграждение (например, определенную пищу). Перед тестированием студенты проходят процедуру девальвации, например, путем выборочного насыщения этой пищей. В результате во время тестирования производительность экспериментальных субъектов ухудшается по сравнению с контрольными субъектами. Падение результатов после девальвации поощрения означает, что испытуемые вычисляют значение вознаграждения на лету во время тестирования. Это значение не изучается как таковое; это зависит от условий окружающей среды, в том числе от мотивационного состояния человека. Поведение, на которое влияет девальвация подкрепления, называется «целенаправленным» [10-15].

Понятие ценности в нейрoэкономике уходит корнями в экономические концепции и тесно связано с определением целенаправленного поведения. В центре внимания нейрoэкономики - поведение выбора (а не обучение). В то время как большое количество естественных форм поведения может быть истолковано как влекущее за собой выбор, ученые в области нейрoэкономики обычно ограничивают область интересов классом вариантов, определенных интуитивно. В частности, обычно понимается, что экономический выбор зависит от субъективных предпочтений (т. е. не существует принципиально правильного выбора) и обычно требует некоторого компромисса между желательными параметрами (например, количеством и вероятностью). Кроме того, обычно считается, что экономический выбор влечет за собой два различных психических процесса. С этими предпосылками нейрoэкономические эксперименты обычно позволяют испытуемым выбирать между разными товарами. Во многих случаях два предложения различаются по двум параметрам. Оперативная мера относительной субъективной ценности товаров выводится из наблюдаемой модели выбора и, в частности, из точки безразличия. Например, если испытуемый предложил одно яблоко против двух бананов и одинаково часто выбирает любой товар, можно сказать (при условии линейности), что стоимость яблока в два раза больше стоимости банана. Эта мера ценности затем ис-

пользуется для интерпретации нейронной активности. Нейрoэкономические исследования обычно определяют несколько переменных, которые нейроны или нейронные популяции могут предположительно кодировать, такие как ценность отдельных предложений (ценность предложения), ценность выбранного предложения (выбранная ценность), ценность другого предложения (другая ценность), разница значений (выбранное значение - другое значение) и т. д. Эти переменные используются как регрессоры. Если конкретная переменная-значение объясняет нейронную активность лучше, чем другие переменные (включая переменные без значений), можно сделать вывод, что нейронная активность «кодирует» или «представляет» эту переменную-значение [15-20].

Связь между понятиями ценности в нейрoэкономике и целенаправленным поведением возникает на дополнительном - и решающем - уровне анализа. Если нейрон или область мозга действительно кодируют экономическую ценность, то его активность должна отражать субъективную природу ценности. В частности, субъективные ценности обычно меняются в зависимости от условий окружающей среды, включая мотивационное состояние агента. Эта изменчивость также должна присутствовать в нервном сигнале. Следовательно, наиболее убедительные доказательства нейронной репрезентации субъективных ценностей получены из исследований, в которых была получена нейронная мера ценности и показано, что нейронная мера и поведенческая мера взаимозависимы. Это условие - идентичность между нейронными и поведенческими мерами ценности перед лицом индивидуальной и контекстной изменчивости - подчеркивает тесную взаимосвязь между ценностями, определяющими экономический выбор, и ценностями, определяющими целенаправленное поведение [20-25].

#### МЕТОДОЛОГИЯ.

Цель этой статьи - провести обзор этой объемной литературы, обсудить предполагаемую роль коры головного мозга в переднем отделе по отношению к другим моделям принятия экономических решений и указать открытые вопросы для будущих исследований. Статья организована следующим образом. Первые три раздела рассматривают понятие ценности в нейрoэкономике, обсуждают анатомию и исследования повреждений, в которых кора головного мозга, а именно орбитальная часть участвует в экономическом выборе, и описывают нейронное представление товаров и ценностей в этой области. В следующих трех разделах описываются доказательства, подтверждающие предложение о том, что обоснованные решения (например, сравнения ценностей) принимаются в орбитофронтальной коре головного мозга. В одном разделе рассматривается возможный вклад других областей мозга. В двух других разделах рассматриваются другие модели экономических решений, а именно модель распределенного консенсуса и модель дрейфа-диффузии внимания. В заключительном разделе резюмируются основные положения статьи и предлагаются направления дальнейшего исследования. Наиболее важные доказательства, связывающие активность нейронов в передней доле головного мозга с экономическими решениями, получены из анализа частоты активации в зависимости от изменчивости выбора. Рассмотрим в задаче выбора сока типы предложений, для которых варианты выбора разделены. Что делает так, что испытуемый выбирает один конкретный сок в данном испытании? Некоторые явления связывают выбор, сделанный человеком, с колебаниями активности определенных групп клеток от опыта к опыту. Таким образом, данная математическая модель предусматривает, что экономические решения (то есть сравнения ценностей) являются результатом случайных блужданий, вызванных эндогенно обусловленными сдвигами визуального внимания или взгляда. Эмпирическая поддержка этой гипотезы в лучшем случае слабая. Важно отметить, что настоящие соображения не исключают того, что

визуальное внимание - или, в более общем плане, умственный фокус - может играть роль в построении субъективных ценностей. Некоторые эффекты обрамления, наблюдаемые в поведенческой экономике, согласуются с этой точкой зрения.

Наконец, мощный способ оценить связь между нейронной активностью и процессом принятия решения - это изучить ансамбли из множества нейронов в ходе индивидуальных испытаний. В наших экспериментах сок был доступен в четырех ценовых категориях. В тренировочных испытаниях предлагался только один ценностный уровень; в пробах по выбору испытуемые выбирали между двумя уровнями ценности. В ходе анализа мы изучили линейный классификатор декодирования уровня значения («состояния») в тренировочных испытаниях. Затем они использовали классификатор для декодирования состояния нейронного ансамбля в испытаниях выбора. Таким образом, они получили несколько интересных результатов. Во-первых, декодированное состояние чередовалось между выбранным и невыбранным значением в течение каждого испытания, как если бы нейронный ансамбль отражал внутреннее размышление. Во-вторых, время поведенческой реакции коррелировало с относительным временем, проведенным ансамблем нейронов в невыбранном по сравнению с выбранным состоянием. В-третьих, контролируя уровни ценности предложения и исход выбора, авторы сравнили испытания, в которых решение было быстрым и обдуманным, о чем свидетельствует характер движений глаз. Усредняя декодированные состояния по испытаниям, они также мы получили оценку того, насколько сильно выбранное значение было представлено по сравнению с невыбранным значением. Таким образом, мы обнаружили, что сила этого представления была значительно выше в простых решениях по сравнению с трудными. Примечательно, что этот анализ не пытался классифицировать клетки в разные группы. Тем не менее, результаты подтверждают понимание того, что решения принимаются внутри переднего отдела коры головного мозга, на который мы непосредственно воздействовали.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ.

Экономический выбор поведения влечет за собой расчет и сравнение субъективных ценностей. Фундаментальный вклад нейроэкономики состоял в том, чтобы показать, что субъективные ценности явно представлены на нейронном уровне. Имея этот результат под рукой, область все больше фокусируется на вопросе о том, где находится мозг и как сравниваются субъективные ценности для принятия решения. Это непростой вопрос. Для сравнения, эквивалентные вопросы о визуальном восприятии движения (перцепционные решения) разрабатывались более 25 лет и остаются областью активных исследований. В этой статье мы рассмотрели большое количество экспериментальных и теоретических результатов, позволяющих предположить, что правильные решения генерируются в нейронной цепи внутри передней доли головного мозга. Основные аргументы в пользу этого предложения можно резюмировать следующим образом: (1) целенаправленное поведение специфически нарушается поражениями передней деле и орбитофронтального пространства; (2) во время принятия экономических решений различные группы ячеек кодируют входные и выходные данные процесса принятия решений; (3) неизменность меню и адаптация диапазона делают ячейки значений предложения особенно подходящими для поддержки экономических решений; (4) три группы нейронов, идентифицированные в передней доле, являются вычислительно достаточными для генерации решений; и (5) колебания активности каждой группы клеток от испытания к опыту коррелируют с аспектами изменчивости выбора. Важно отметить, что сигналы ценности и выбора присутствуют во многих других областях мозга. Однако текущие результаты в целом согласуются с идеей, что правильные

решения принимаются именно в переднем отделе головного мозга. Основные доказательства, подтверждающие это предложение, включают тот факт, что целенаправленное поведение конкретно нарушается поражениями переднего отдела коры головного мозга, тот факт, что различные группы нейронов в этой области кодируют входные и выходные данные процесса принятия решений, тот факт, что колебания активности в каждой из этих групп клеток коррелирует с вариабельностью выбора и тем фактом, что эти группы нейронов вычислительно достаточны для принятия решений. Результаты, полученные в других областях мозга, согласуются с идеей, что правильные решения принимаются в орбитофронтальной зоне, и указывают на то, что ценностные сигналы влияют на множество психических функций. Мы также противопоставляем настоящее предложение другим ведущим моделям нейронных механизмов экономических решений.

#### ВЫВОДЫ.

Несмотря на эти аргументы, предложение о том, что бы решения принимались в рамках переднего отдела головного мозга, остается рабочей гипотезой, и в будущей работе следует рассмотреть несколько ключевых вопросов. Во-первых, исследования роли других областей мозга остаются активными. Кроме того, плохо изучены важные аспекты нейронной цепи орбитофронтального пространстве. Например, неизвестно, соответствуют ли три группы нейронов, идентифицированных в этой области, различным морфологически определенным типам клеток, находятся ли они в разных корковых слоях и являются ли нейроны в каждой группе преимущественно возбуждающими или тормозящими. Паттерны анатомической связи между различными группами клеток также неясны. Возможно, наиболее важно то, что причинно-следственная связь между нейронной активностью и выбором, сделанным в каком-либо конкретном исследовании, еще не установлена. Изучая эти вопросы, будущие исследования прольют свет на нейронные механизмы, лежащие в основе экономических решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Овчаров С.М. Педагогическая технология развития креативности будущих учителей информатики в условиях университетского образования // Карельский научный журнал. 2013. № 1 (2). С. 43-46.
2. Юсупова Г.В. Структура и динамика ценностных ориентаций современного педагога // Карельский научный журнал. 2013. № 4 (5). С. 124-126.
3. Кутепова Л.И., Ваганова О.И., Трутанова А.В. Формы самостоятельной работы студентов в электронной среде // Карельский научный журнал. 2017. Т. 6. № 3 (20). С. 43-46.
4. Аниськин В.Н., Бусыгина А.Л. Развитие коммуникативного интегративного компонента профессиональной компетентности преподавателя вуза в условиях холистичной информационно-образовательной среды // Балтийский гуманитарный журнал. 2017. Т. 6. № 4 (21). С. 269-272.
5. K. Marsh. Estimating cost-effectiveness in public health: A summary of modelling and valuation methods // Health Econ Rev, 2 (1) (2012), p. 17.
6. J.L. Stanley. Assessing evidence-based practice knowledge, attitudes, access and confidence among dental hygiene educators // Journal of Dental Hygiene, 89 (5) (2015), pp. 321-329.
7. Гутнер, Я. И. Практикум по терапевтической стоматологии / Я.И. Гутнер. - М.: Государственное издательство медицинской литературы, 2018. - 284 с.
8. Сируняц В.С., Сируняц И.В., Боднева С.Л. Экономические и организационные аспекты целесообразности создания центра материально-технического обеспечения стоматологии Краснодарского края // Кубанский научный медицинский вестник. 2016. № 5-6. С. 140-143.
9. Алтынбеков К.Д., Антонова Л.П., Нысанова Б.Ж., Алтынбекова А.К., Кусяинов К.Т. Возможности применения комбинации цифровых и традиционных технологий в ортопедической стоматологии // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2018. № 1. С. 557-559.
10. Матягина Т.В., Хисамудинова Н.Р., Тимбакова Д.И. Экономические аспекты внедрения инновационных технологий в стоматологии // В сборнике: Современная экономика: актуальные вопросы, достижения и инновации Сборник статей XII Международной научно-практической конференции. В 4-х частях. 2017. С. 127-129.
11. Баева А.А., Курицына И.Ю. Проблемные аспекты социально-экономических условий и факторов в отечественной стоматологии // Научные Записки ОрелГИЭТ. 2018. № 2 (26). С. 20-23.



12. Лильберг Р.Э. Профессиональное выгорание медицинских работников и копинг: психологические аспекты проблемы поиска решения и оценки его индивидуальной эффективности // *Азимут научных исследований: педагогика и психология*. 2019. Т. 8. № 2 (27). С. 347-351.
13. Уманская Н.Г. Социально-экономические, клинические и психологические аспекты эстетического лечения в терапевтической стоматологии // *Московский государственный медико-стоматологический университет*. Москва, 2005
14. Вартанов Т.О., Кишул И.С., Арутюнов С.Д. Организационно-экономические аспекты внедрения и развития технологий цельнокерамических конструкций в практике ортопедической стоматологии // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2012. Т. 113. № 6. С. 44-45.
15. Алешианова Л.В., Луцацкий М.А., Алешанов К.А. Особенности формирования высшего стоматологического (зубоврачебного) образования в России (исторический аспект) // *Медицинский алфавит*. 2011. Т. 3. № 12. С. 51-54.
16. Чурюканов М.В. Обзорение публикаций в европейском журнале боли (*europa journal of pain*) за 2006 // *Боль*. 2006. № 4 (13). С. 48-49.
17. Жумабеков А.И. Обеспеченность врачами-ортодонтами стоматологической службы // *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. 2016. Т. 18. № 5. С. 68-74.
18. Ступин М.Г. Спбинстом - ваш гид к вершинам мастерства в стоматологии! // *Институт стоматологии*. 2017. № 1 (42). С. 6-9.
19. Сергеева Н.М. Инвестиции в основной капитал как фактор развития здравоохранения и роста качества медицинских услуг // *Вестник НГИЭИ*. 2020. № 2 (105). С. 67-76.
20. Сперанская Л.Н. Экономические взгляды Петти У. // *Всемирная история экономической мысли: В 6 томах / Гл. ред. Черковец В.Н. М.: Мысль, 2017. - Т. I. От зарождения экономической мысли до первых теоретических систем политической жизни*. С. 428-434. - 606 с.
21. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Эксмо, 2017. (Серия: Антология экономической мысли). - 960 с.
22. Маршалл А. Принципы экономической науки. М.: Директ-медиа, 2012. - 2127 с.
23. Бердышева Е.С. Ценообразование в медицине как процесс социальной координации (экономико-социологический анализ на примере коммерческой стоматологии Москвы) // *Мир России: Социология, этнология*. 2010. Т.19 № 3. С. 132-158
24. Костромина Е.А., Шамалова Е.В. Формирование механизма конкурентоспособности организации на рынке стоматологических услуг // *Вестник Московского университета им. С.Ю.Витте. Серия 1: Экономика и управление*. 2017. № 1(20). - С. 89-95
25. Брусенцова А.Е., Перетягина И.Н., Синьговская Н.С. Роль воспитательной работы со студентами стоматологического факультета на современном образовательном этапе модернизации высшей школы // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 12-3. С. 289

Статья поступила в редакцию 17.10.2020

Статья принята к публикации 27.02.2021