

ЭХО ИДЕЙ И. КАНТА В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ КОГНИТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. А. Бажанов¹

В статье предпринимается попытка осмыслить идеи И. Канта об априорном характере пространства и времени в контексте современных когнитивных исследований и нейронауки. Исходя из кантианского понимания пространства и времени как форм чувственности рассматривается, каким образом данные нейробиологии подтверждают и одновременно модифицируют классический философский нативизм. Особое внимание уделяется эмпирически установленным врожденным когнитивным механизмам, таким как «чувство числа» и предполагаемое «чувство пространства», которые имеют онтогенетические и нейронные основания; анализируются открытия навигационных систем мозга, включая клетки «места», что позволяет говорить о существовании функционально автономного «геометрического» (а не только числового) модуля. Показано, что данный модуль играет ключевую роль не только в ориентации в физическом пространстве, но и в формировании абстрактных понятий, семантических структур и социальных связей. Рассматриваются данные о независимости базовой геометрической интуиции от культурного и сенсорного опыта, включая исследования пространственных представлений у слепых от рождения индивидов. Отдельный раздел посвящен анализу SNARC-эффекта и возможного влияния характера письменности и конфигурации шрифтов на пространственно-числовые и когнитивные ассоциации. Этот феномен демонстрирует взаимосвязь восприятия чисел и направлений в пространстве, которая обусловлена и культурными особенностями: у людей с левосторонним письмом большие числа ассоциируются с правым направлением, тогда как у тех, кто пишет справа налево, эта

¹ Ульяновский государственный университет, Россия, 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42.
Поступила в редакцию: 25.11.2025 г.
doi: 10.5922/0207-6918-2026-1-4

ECHOES OF KANT'S IDEAS IN MODERN COGNITIVE RESEARCH

V. A. Bazhanov¹

This article examines Kant's ideas on the a priori character of space and time in the context of modern cognitive research and neuroscience. Proceeding from the Kantian view of space and time as forms of sensibility, I look at how neurobiological data confirm and simultaneously modify classical philosophical nativism. I pay particular attention to empirically-confirmed, inborn cognitive mechanisms such as the "sense of number" and the supposed "sense of space" which have ontogenetic and neural foundations. I look at discoveries pertaining to the brain's navigation systems, including "place" cells, which point to the existence of a functionally autonomous "geometric" (and not just a "number") module. This module has been shown to play a key role, not only in one's orientation in physical space, but also in the formation of abstract concepts, semantic structures, and social ties. I examine data on the independence of basic geometric intuition from cultural and sensory experience, including research on spatial representations in born-blind individuals. A special section is devoted to the analysis of the Spatial-Numerical Association of Response Codes (SNARC) effect: its possible influence on the character of the writing system, and, conversely, of script configuration on spatial-numerical and cognitive associations. This phenomenon demonstrates an interconnection between the perception of numbers and direction in space, which is partly determined by cultural features: people with left-to-right writing associate numbers of a larger magnitude with the right side, while people who write from right to left have the reverse associa-

¹ Ulyanovsk State University.
42 L. Tolstogo st., Ulyanovsk, 432017, Russia.
Received: 25.11.2025.
doi: 10.5922/0207-6918-2026-1-4

ассоциация обратна. Таким образом человеческие представления о пространстве и времени являются результатом сложного взаимодействия врожденных способностей нервной системы и внешнего культурного влияния. В заключение указывается на перспективность концепции биокультурного со-конструктивизма, согласно которой врожденные нейронные структуры и культурные практики находятся в динамическом взаимодействии, что позволяет глубже понять смысл кантианской исследовательской программы, реализуемой в современной нейронауке.

Ключевые слова: кантианская исследовательская программа в нейронауке, «чувство числа», «чувство пространства», модулярная теория мозга, трансцендентализм, биокультурный со-конструктивизм, SNARC-подобные эффекты

Невозможно вообразить, чтобы функционирование мозга / разума было понято вне представлений, связанных с фундаментальными математическими принципами.

М. Громов (Gromov, 2011, p. 7).

1. Введение

Суждения И. Канта об априорном характере пространства и времени хорошо известны. Кант считал, что «*понятие пространства есть чистое созерцание... основная форма всякого внешнего ощущения*» (AA 02, S. 402; Кант, 1994, с. 298); «*качество пространства и времени... заключено в моем способе созерцания, а не в этих объектах самих по себе*» (B 69; Кант, 2006, с. 131). Таким образом, пространство и время трактовались Кантом не как объективные сущности, но как формы чувственности, заданные самой природой человеческого ума.

Между тем за последнее время эти суждения Канта, с одной стороны, явились мощными импульсами для продолжения когнитивных исследований, а с другой — были пересмотрены и развиты благодаря тому, что для представлений о пространстве и времени были обнаружены прочные (нейро)биологические основания.

Thus, human perceptions of space and time are the result of intricate interactions between congenital properties of the nervous system and extra-personal cultural influence. In conclusion, I stress the prospectivity of the concept “biocultural co-constructivism”, according to which congenital neuron structures and cultural practices are in dynamic interaction, and which promises deeper insight into the meaning of the Kantian research programme as implemented in modern neuroscience.

Keywords: Kantian research programme in neuroscience, “sense of number”, “sense of space”, modular brain theory, transcendentalism, biocultural co-constructivism, SNARC-type effects

It is unimaginable that a viable representation of the brain/mind interface is possible without being incorporated into a broader mathematical framework.

M. Gromov (2011, p. 7).

1. Introduction

Kant's judgements vis-à-vis the *a priori* character of space and time are well known. Kant maintained that “*the concept of space is [...] a pure intuition, [...] it is the fundamental form of all outer sensation*” (MSI, AA 02, p. 402; Kant, 1992, p. 396); “*the quality of space and time [...] lies in my kind of intuition and not in these objects in themselves*” (KrV, B 69; Kant, 1998, p. 190). Thus, Kant interpreted space and time not as objective entities, but as forms of sensibility stemming from the very nature of the human mind.

Of late, these judgments of Kant's have, on one hand, been powerful stimuli for continued cognitive research and, on the other hand, come in for reappraisal and development as “hard” neurobiological foundations have been discovered for the study of space and time.

Эти исследования показали, что в результате длительной, охватывающей миллионы лет эволюции живых систем на Земле в их мозге на онтогенетическом уровне, то есть от самого факта рождения, сформировалось так называемое «чувство числа» (феномен субитации, *numerosity*), которое позволяет симультанно воспринимать множества предметов до примерно 3–4, то есть количество. Эта универсальная — в смысле атрибута распространенности — способность живых систем основательно описана и довольно активно изучается в современной нейронауке (подробнее см.: Бажанов, 2021). Между тем представления о числе органическим образом связаны с представлениями о пространстве², которые анализируются в различных разделах геометрии. Допустимо ли, а может быть, даже необходимо наряду с «чувством числа» ввести представление о «чувстве пространства», которое также детерминировано онтогенетически и которое соответствует как духу, так и букве кантианской программы исследований в нейронауке? Полагаю, что ответ должен последовать положительный: «чувство пространства», как и «чувство числа», статус которых соответствует духу кантианской исследовательской программы в нейронауке³, — врожденная особенность мозга. Правда, предположительно это особенность только человеческого мозга, если иметь в виду способность оперировать в детстве простыми, а со временем и все более сложными геометрическими образами и абстракциями, воспринимать и применять симметрические конструкции (Sablé-Meyer, Fagot et al., 2021; Sablé-Meyer, Benjamin et al., 2026). Как замечает один из наиболее круп-

This research has shown that, over the course of millions of years of evolution on Earth, the brain, at the ontological level (i.e., from birth), has developed a “number sense” (the phenomenon of subitization, numerosity), which allows it to simultaneously perceive sets of about 3-4 objects, i.e. to perceive number. This universal (in terms of its spread) capacity of living systems has been thoroughly described and is being actively studied in modern neuroscience (for details, see Bazhanov, 2021). At the same time, notions of number are organically linked with notions of space,² which are explored in various branches of geometry. Is it possible and perhaps necessary to introduce, along with the “number sense”, a “sense of space” which is also determined ontogenetically and which corresponds to the spirit — and indeed the letter — of the Kantian research programme in neuroscience? I believe the answer is affirmative: the “sense of space”, like the “sense of number”, the status of which chimes with the spirit of the Kantian research programme in neuroscience,³ is an inborn capacity of the brain. True, this capacity is likely to be the property only of the human brain, if we consider the fact that a child can handle simple but over time more complex geometrical images and abstractions, perceiving and making use of symmetrical constructions (Sablé-Meyer, Fagot, et al., 2021; Sablé-Meyer, Benjamin, et al., 2026). To quote Misha Gromov (2011, p. 53) — one of the foremost

²И, разумеется, времени (см.: Space, Time and Number... 2011; Buzsáki, Llinás, 2017).

³ Кантианская исследовательская программа в современной нейронауке преследует задачу связать идеи Канта об априори с (нейро)биологическими механизмами, вскрыть их физиологические основания, в частности показать, что представления о пространстве и времени завязаны на (нейро)физиологические структуры и возникают с рождением живого существа, то есть обусловлены онтогенетически (Dehaene, Brannon, 2011; Khachouf et al., 2013).

² And, of course, time — see Dehaene and Brannon (2011b), Buzsaki and Llinas (2017).

³ The Kantian research programme in modern neuroscience aims to link Kant's *a priori* ideas with (neuro) biological mechanisms, to discover their physiological foundations; in particular, to show that the concepts of space and time are wired into (neuro) physiological structures from the birth of a living creature, that is, ontogenetically programed (cf. Dehaene and Brannon, 2011a; Khachouf, Poletti and Pagnoni, 2013).

ных математиков современности Миша Громов, чья мысль в данной работе используется в качестве эпиграфа, «вероятно, мозг — это своего рода скрытая... математическая машина, удивительно простая» (Gromov, 2011, p. 53).

Думается, что кантианская исследовательская программа в нейронауке может быть метафорически описана понятием парафраза, содержание которого связано с созданием некоторого нового произведения на основе «чужой» темы. В данном случае в качестве такого произведения выступает современная нейронаука, в которой слышатся отголоски гениальных прозрений Канта и переосмысливается его доктрина о «чистом созерцании». Опираясь на идеи К. Лоренца, одного из предшественников эволюционной эпистемологии, высказанные им в связи с анализом кантианских категорий познания, Иегуда Рав резюмировал: «При переходе от *предписательной эпистемологии* Канта к эволюционной *дескриптивной эпистемологии* категория *априорного познания* переосмысливается как врожденные (*a priori*) *когнитивные механизмы* индивида, которые эволюционировали на основе апостериорной конфронтации вида с окружающей средой. ...Филогенетически апостериорное стало онтогенетически *априорным*» (Rav, 2006, p. 76).

В настоящей статье мы обсуждаем возможность моделирования функционала мозга в духе кантианской исследовательской программы и отмечаем, что заметный прогресс в понимании работы мозга был связан с открытием его навигационных систем. Далее на основе теории модулярности мозга мы анализируем особенности его «геометрического» модуля, который обеспечивает ориентацию субъекта в пространстве. И наконец, предпринимаем попытку связать механизм действия этого модуля с так называемым SNARC⁴-эффектом и конфигурацией используемых в различных языках шрифтов и средств фиксации элементов языков (например, понятий, слов).

⁴Пространственно-числовая ассоциация кодов ответов.

mathematicians of our time, whose words are used as an epigraph to this article — “[...] apparently, a hidden mathematical machine [is] in everybody’s brain, an *amazingly simple* machine at that”.

The Kantian research programme in neuroscience can be metaphorically described as a “paraphrase”, wherein a new piece of work is created out of somebody else’s theme. In this case, the new work is modern neuroscience, in which echoes of Kant’s insights can be heard, and in which his doctrine of “pure intuition” is reinterpreted. Taking his cue from ideas expressed in connection with an analysis of the forerunners of evolutionary epistemology, Konrad Lorenz, Yehuda Rav (2006, p. 74) sums it up thus: “By passing from Kant’s *prescriptive epistemology* to an evolutionary *descriptive epistemology*, the category of *a priori* cognition is reinterpreted as the individual’s inborn (*a priori*) *cognitive mechanisms* that have evolved on the basis of the species’ *a posteriori* confrontation with the environment. [...] the phylogenetically *a posteriori* became the ontogenetically *a priori*.”

In this article, I examine the possibility of modelling the brain’s functioning in the spirit of the Kantian research programme, noting that important progress in understanding the brain is connected with the discovery of its navigational systems. Then, on the basis of the theory of the modularity of the brain, I attempt to link the mechanism of the navigation module with the SNARC⁴ effect, as well as with the configuration of scripts used in various languages and means of recording the elements of a language (for example, concepts and words).

⁴Spatial Numerical Association of Response Codes.

2. Столь ли уж прост мозг?

Суждение Громова о «простоте» функционирования мозга в терминах «математической машины» допускает целый спектр интерпретаций. Надо полагать, что прежде всего речь должна идти о моделировании работы мозга посредством логико-математических формализмов. Такого рода попытки предпринимаются примерно с середины XX в. (модели нейронных сетей Маккалока — Питтса, перцептрона Розенблатта, распространения электронных сигналов Ходжкина — Хаксли и т.д.) и до настоящего времени (Manin, 2015; Król et al., 2022). Громов высказывает гипотезу о том, что существует своего рода «эрго-мозг», который является посредником между электрофизиологическими процессами в мозге и сознательным (ментальным) их отражением в человеческом сознании (Gromov, 2018, p. 2). Однако эта гипотеза пока не получила сколь-либо солидного эмпирического подтверждения, и ни одна из логико-математических моделей все-таки не может претендовать на сколько-нибудь полную реконструкцию функционирования мозга в плане воссоздания картины работы нейронных сетей.

Заметный прогресс в понимании мозга был достигнут в области нейрофизиологии тогда, когда были открыты особые типы нейронов, ответственные за ориентацию живых существ в пространстве, и появилась возможность составить когнитивные карты (координатные сетки) мозга.

Впервые о своего рода пространственных (когнитивных) картах мозга стали говорить еще в 1971 г. (O’Keefe, Dostrovsky, 1971). Позже были обнаружены пирамидальные (решетчатые) нейроны, «нейроны места», посредством которых формируется навигационная система мозга. За это выдающееся открытие Дж. О’Кифу и супругам М.-Б. и Э. Мозерам в 2014 г. была присуждена Нобелевская премия, и его значение для науки продолжает активно обсуждаться (см.: Low, Giocomo, 2021; Moser, Furstenberg,

2. Is Brain All That Simple?

Gromov’s view regarding the “simplicity” of the brain’s functioning in terms of the “mathematical machine” lends itself to a whole spectrum of interpretations. Arguably, it is above all about the modelling of the brain’s activities with the aid of logical-mathematical formalism. Such attempts have been made from around the middle of the twentieth century (the neurons of McCulloch-Pitts, Rozenblatt’s perceptron, Hodgkin-Huxley’s propagation of electronic signals, etc.) into the present (see Manin, 2015; Król, Schumann and Bielas, 2022). Gromov (2018, p. 2) has suggested that there exists a kind of “ergo-brain”: an interface between electro-physiological processes in the brain, and their mental reflection in human consciousness. However, this hypothesis needs more substantial empirical proof before it can claim to give a credible reconstruction of the brain’s functioning as a map of neuron networks.

Noticeable progress in understanding the brain was achieved in neuro-physiology when special types of neurons, responsible for the spatial orientation of living beings, were discovered, making it possible to draw cognitive maps (coordinateness) of the brain.

Spatial-cognitive maps of the brain were first mentioned in 1971 (O’Keefe and Dostrovsky, 1971). Later, pyramidal (lattice) neurons, or “place cells”, which form the brain’s navigation system, were discovered. This outstanding discovery earned John O’Keefe, Edvard Moser and May-Britt Moser the Nobel Prize (2014), its significance for science still being actively discussed today (see Low and Giocomo, 2021; Moser and Furstenberg, 2025). It was established that the hippocampus and entorhinal cortex code the configuration of space with the help of spatio-local and hexagonal mesh patterns of activity (“place”

2025). Было установлено, что гиппокамп и энторинальная кора мозга кодируют конфигурацию пространства с помощью пространственно-локальных и гексагональных сетчатых паттернов активности (соответственно клеток «места» и клеток «сетки»). Те же области мозга отвечают также за нейронные представления непространственных паттернов, семантики понятий (клетки «концептов»). Это означает, что нейронные вычислительные механизмы пространственного знания и семантики понятий в мозге взаимосвязаны.

Таким образом, можно считать, что в пользу, в сущности, философской по своему характеру идеи нативизма, согласно которой человеческий разум рождается с врожденными структурами и/или идеями, благодаря прогрессу современной нейронауки были предложены довольно значимые эмпирические аргументы⁵. Эта идея соответствует духу «психонейронного монизма», разделяемого многими нейробиологами: согласно указанной концепции, источники человеческого поведения и человеческой мысли могут быть прослежены вплоть до определенного материального базиса, то есть нейронных структур. Компоненты этой идеи включают представления о «корневых» когнитивных системах мозга в русле модулярной теории Дж. Фодора (Fodor, 1983), развитой С. Кэри (Carey, 2009). Эти представления обеспечивают важнейшие функции живых организмов, связанные с эффективной адаптацией к окружающей среде и в определенной степени к обучению. В число такого рода когнитивных модулей (на-

⁵ В частности, было установлено, что в мозге человека и некоторых животных имеются особые нервные клетки — зеркальные нейроны, которые активируются или при выполнении какого-либо действия, или при наблюдении за тем, как это действие совершает кто-то другой. При этом функционал зеркальных нейронов благодаря наличию врожденных структур, обеспечивающих имитацию движений людей, которые наблюдает человек, существенно сокращает разрыв на самом низком, фундаментальном физиологическом уровне между индивидом — носителем этих нейронов и другими людьми (Marchetti, Koster, 2014).

cells and “mesh” cells respectively). The same areas of the brain are also responsible for the neural representation of non-spatial patterns and semantic concepts (“concept” cells). This means that the neuron computing mechanisms of spatial knowledge and concept semantics are interconnected.

Arguably, therefore, owing to the progress of modern neuroscience, some weighty empirical evidence has been presented in favour of what is essentially a philosophical idea: a nativism whereby human reason is born of congenital structures and/or ideas.⁵ This idea corresponds to the spirit of “psycho-neuron monism” shared by many neurobiologists — to wit, that the sources of human behaviour and thought can be traced to a certain material base, i.e. neuron structures. This idea includes the notion of *core cognitive systems* of the brain, in line with the modular theory of Jerry Fodor (1983), subsequently elaborated by Megan Carey (2009). These systems support key functions of living organisms connected with their adaptation to their environment and, to an extent, with learning. Such cognitive modules (also sometimes called “neurodynamic archetypes”) include structures that fix the objects within an organism’s field of vision, instantly determining their number, supporting the organism’s concrete actions (including communication with neighbours and comrades), helping to distinguish “us” from “them”, and ensuring orientation in space through the brain’s navigation system (Spelke

⁵ In particular, it has been established that the brains of humans and some animals have special nervous cells called “mirror neurons” which are activated either in performing an act, or in observing others perform it. Mirror neurons have inborn structures which enable the imitation of others’ movements, significantly diminishing the disconnect, on the most basic physiological level, between the bearer of these neurons and other people (Marchetti and Koster, 2014).

зываемых иногда также нейродинамическими архетипами) входят структуры, которые позволяют фиксировать объекты, попадающие в поле зрения организма, и мгновенно определять их количество, обслуживать конкретные действия организма, осуществлять коммуникацию с соседями и товарищами, дифференцировать «своих» и «чужих», а также благодаря навигационной системе мозга обеспечивать ориентацию в пространстве (Spelke, Kinzler, 2007; Kinzler, Spelke, 2007). Эти модули, составляя своего рода «ядро» познавательных способностей, могут также выполнять функции базисов категоризации приобретаемого субъектом опыта. Следует обратить внимание и на тот факт, что те же области мозга, которые осуществляют картирование физического пространства, задействованы в организации социальных связей. Социальный успех зависит не только от того, с кем человек знаком, но и от того, насколько он хорошо понимает невидимую архитектуру своего социального окружения.

3. Математические «модули» мозга в свете их когнитивных особенностей

Модули мозга, связанные с восприятием пространства, играют первостепенную роль в навигации человека при его движении, причем вполне в духе переосмысленного современной нейронаукой априоризма Канта (Vallortigara, 2012, p. 230). Такая интерпретация позволяет пролить новый свет на природу протоматематической геометрической и арифметической интуиции (Vandervert, 1994, p. 346), равно как и на довольно распространенный феномен интуитивных оснований крупных математических открытий и озарений.

«Геометрический» модуль претендует на многофункциональность, поскольку в отличие от «числового» модуля претерпевает довольно длительное развитие от рождения и едва ли не до момента смерти. Контуры его оформляют-

and Kinzler, 2007; Kinzler and Spelke, 2007). These modules form the “nucleus” of cognitive faculties, and may also serve as the basis for the categorisation of the experience acquired by the subject. It must be noted that the same areas of the brain that map physical space are involved in organising social interactions. Social success depends not only on whom a person knows, but also on how well they understand the invisible structure of their social environment.

3. Cognitive Features of the Brain's Mathematical “Modules”

The modules of the brain connected with the perception of space play a central role in navigation when a person is on the move, quite in the spirit of Kant's apriorism, though reinterpreted by modern neuroscience (Vallortigara, 2012, p. 230). Such interpretation may shed light on the nature of protomathematical geometric and arithmetic intuition (Vandervert, 1994, p. 346), as well as on the fairly widespread phenomenon of intuitive grounds of major mathematical discoveries and brainwaves.

The “geometric” module lays claim to being multi-functional because, unlike the “numerical” module, it undergoes prolonged development from birth, almost until death. Its contours are formed by age five or six, and it continues to develop according to the activities and environments encountered throughout a person's life (cf. Chiandetti and Vallortigara, 2008, pp. 143-144; De Cruz and De Smedt, 2010, pp. 8-10; Izard, Pica, Spelke et al., 2011, p. 9786; Dillon, Huang and Spelke, 2013, p. 14191; Tooley, Bassett and Mackey, 2021). Thus, we are looking not so much at a natural process of adaptation as at a learning and expansion of the functionality of a geometric module, largely independent of the cultural context, with ontogenetic structures

ся только к пяти-шести годам роста человеческого организма, и он совершенствуется в зависимости от деятельности и непосредственного окружения на протяжении всей жизни человека (Chiandetti, Vallortigara, 2008, p. 143–144; De Cruz, De Smedt, 2010, p. 8–10; Izard et al., 2011, p. 9786; Dillon et al., 2013, p. 14191; Tooley et al., 2021). Таким образом, речь идет не столько о естественном процессе адаптации, сколько об обучении и расширении функционала геометрического модуля в значительной степени независимо от культурного контекста, когда стартовой точкой этого процесса служат онтогенетические структуры. Решетчатые нейроны, сконцентрированные в основном в области гиппокампа, «привязываются» к конкретным точкам или областям пространства и отражают их топологические свойства и характеристики (Brown, 2021). Конфигурации этих нейронных сетей коррелируют с состоянием (симметрией) окружающего пространства и характером непосредственной активности их носителей (Krupic et al., 2015, p. 232). С философской точки зрения этот феномен можно осмысливать в контексте натурализованной феноменологии, а точнее, нейрофеноменологии, плотно использующей некоторые представления Э. Гуссерля (см.: Зайцева, Зайцев, 2017). Однако более перспективной с эпистемологической точки зрения мне представляется идея, связанная с *деятельностным видом трансцендентализма*: врожденные механизмы (нейронные сети) модифицируются в зависимости от особенностей и конкретных условий всей жизни человека, что указывает на естественное свойство пластичности мозга (Бажанов, 2019, с. 46–64).

Восприятие пространства непосредственным образом связано с визуальными способностями человека. Можно было бы предположить, что у слепых от рождения людей геометрический модуль отсутствует, а стало быть, они не способны формировать сколько-нибудь четкие представления о пространственных струк-

serving as the starting point of the process. Mesh neurons, concentrated mainly in the hippocampus area, are “tied” to concrete spots or areas of space, reflecting their topological properties and characteristics. (cf. Brown, 2021). The configurations of these neural networks correlate with the status (symmetry) of the surrounding space, and with the nature of the activity of their bearers (Krupic, Bauza, Burton et al., 2015, p. 232). In the philosophical idiom, this phenomenon can be viewed in the context of naturalised phenomenology or, more precisely, neurophenomenology which leans heavily on the ideas of Edmund Husserl (cf. Zaitseva and Zaitsev, 2017). In my opinion, however, more promising epistemologically is the lens of *activity-based transcendentalism*, whereby inborn mechanisms (neural networks) are modified by the character and conditions of a person’s life, pointing to the plasticity of the brain (Bazhanov, 2019, pp. 46-64).

The perception of space is directly linked with a person’s visual faculties. One might be inclined to think, then, that the geometric module would be absent in born-blind people, such that they are unable to form any clear idea of spatial structures. This is not so. They have a geometric module built in ontogenetically, just like sighted individuals. The core geometric system of the blind is in some sense amodal, formed as it is independently of visual experience (Heimler, Behor, Dehaene et al., 2021, p. 6). Persons who are blind from birth learn the characteristics of objects in a tactile way, although generally not so fully and effectively as sighted persons. Having said this, history knows outstanding blind mathematicians – for example, Lev S. Pontryagin, who lost his sight as an adolescent, yet achieved outstanding results in algebraic geometry; and Leonhard Euler, the great mathematician who went blind due to a serious cataract, albeit as an adult (for details, see Jackson, 2002). However, sighted people, too, not infrequently have problems

турах. Однако данное предположение ошибочно: геометрический модуль у них задается онтогенетически, как и у зрячих индивидов. Корневая геометрическая система у слепых в некотором смысле амодальная, формирующаяся независимо от визуального опыта (Heimler et al., 2021, p. 6). Представление о пространственных характеристиках предметов у слепых от рождения формируются тактильным способом, хотя, разумеется, в общем случае не столь полно и эффективно, как при наличии визуального потенциала. Впрочем, истории известны выдающиеся слепые математики: например, Л.С. Понтрягин, потерявший зрение в подростковом возрасте, но получивший выдающиеся результаты в алгебраической геометрии, и Л. Эйлер, великий математик, ослепший по причине серьезной катаракты, правда, уже в зрелом возрасте. Известны и другие примеры вполне успешных слепых математиков (подробнее см.: Jackson, 2002). Между тем и зрячие люди часто испытывают значительные затруднения при восприятии и тем более работе со сложными пространственными образованиями. Для нас, впрочем, важно, что полное отсутствие визуального опыта не является непреодолимым препятствием для работы с геометрическими понятиями. По-видимому, наличие геометрического модуля⁶ в мозге, а точнее, в гиппокампе (Pettit et al., 2022, p. 328) позволяет в некоторой степени компенсировать отсутствие такого рода опыта путем конструкции ментальных иерархий математических представлений из простых элементов подобно тому, как простые элементы конструктора (например, лего) позволяют строить едва ли не сколь угодно сложные предметы.

Геометрический модуль способен оперировать простейшими конфигурациями типа

⁶ Некоторые эмпирические данные, полученные недавно, наводят на мысль, что геометрические и арифметические нейронные сети связаны посредством языковых элементов более тесно, чем считалось ранее (Dehaene et al., 2025, p. 530–532).

of perception, especially with complex spatial entities. What is important here for our purposes is that a total lack of visual experience is not an insuperable obstacle to working with geometrical concepts. Apparently, the existence of the geometric module⁶ in the brain – more precisely in the hippocampus (Pettit, Yap et al., 2022, p. 328) – makes up, to some extent, for the absence of such experience by constructing mental hierarchies of mathematical representation out of simpler elements, similarly to the way the simple elements of a Meccano set (for example, Lego) make it possible to build objects of any degree of complexity.

The geometric module can operate on the simplest elements, such as the circular, square, or rectangular structures often found in cave drawings of the Neolithic age. Preferences for such basic shapes are noticeable in these drawings. Moreover, there are, on the island of Java, more complicated figures (zigzags) constructed about 540,000 years ago, while as early as about 1.8 million years ago, ancients laid stones in circles, displaying an aesthetic preference for symmetrical arrangements (Sablé-Meyer, Ellis et al., 2021, p. 2). Empirical data show that the V sign is, at the subconscious level, associated with danger, and the circle with pleasurable sensations (Larson, Aronoff and Steuer, 2012, pp. 404-405).

Experiments with the detection of variously configured lines show that drawings containing geometrically regular lines against a background of squares and concentrations of right angles tend to be detected more swiftly than other images. This may be because of the prime importance of the basic human capacity to operate with recursive syntax

⁶ Some new data suggest that geometric and arithmetical neuron nets are more closely connected by language elements than was previously thought (Dehaene, Sablé-Meyer and Ciccione, 2025, pp. 530-532).

круга, квадрата, прямоугольных конструкций, которые довольно часто встречаются в наскальных рисунках, относящихся к эпохе неолита. Такого рода предпочтения заметны при анализе рисунков. Более того, на острове Ява были найдены довольно сложные изображения (зигзаги), сделанные примерно 540 тыс. лет назад, а порядка 1,8 млн лет назад древние выкладывали камни в виде кругов, причем очевидны эстетические предпочтения в пользу симметрических конструкций (Sablé-Meyer, Ellis et al., 2021, p. 2). При этом, как показывают эмпирические данные, знак V на подсознательном уровне преимущественно ассоциируется с ощущением угрозы, а круги — с приятными ощущениями (Larson et al., 2012, p. 404–405).

Эксперименты, связанные с процессами детектирования (то есть обнаружения) линий разных конфигураций, показывают, что рисунки, которые содержат геометрически регулярные линии на фоне четырехугольников и массивов прямых углов, обнаруживаются значительно в более короткие сроки, чем другие изображения. Вероятно, это обусловлено тем, что здесь первостепенное значение играет базисная для людей способность оперировать рекурсивным синтаксисом и композиционной семантикой (Sablé-Meyer, Ellis et al., 2021, p. 7), причем эта способность претендует на статус универсальной, независимой от происхождения, культуры и образования людей. Так, скорость и качество восприятия простых геометрических графиков не отличались у взрослых образованных французов, дошкольников и представителей племени мундуруку, обитающих в джунглях Амазонки и не только не знакомых с элементарными арифметическими операциями, но даже не использующих числительные, превышающие три. Протогеометрическая интуиция во всех этих группах при восприятии примитивных геометрических линий фактически оказалась идентичной (Amalric et al., 2017, p. 24–25). Аналогичные результаты

and compositional semantics (Sablé-Meyer, Ellis et al., 2021, p. 7), a capacity that appears to be universal, regardless of background, culture, and educational level. The speed and quality of the perception of simple geometrical graphs was the same among educated French, pre-schoolers and representatives of the Mundurucu tribe of the Amazon jungle, who live not only without elementary arithmetical operations, but without any numerals exceeding three. In the perception of primitive geometrical lines, both groups displayed practically the same level of proto-geometrical intuition (Amalric, Wang et al., 2017, pp. 24-25). Similar results were obtained in comparing the perception of Europeans and representatives of the Himba tribe living in remote parts of Namibia (*cf.* Biederman, 2013).

To understand how people perceive geometrical figures it is important to take into account not only the ontogenetic prerequisites of the process, but also the procedures of enculturation which “formalize” the systems and habits pertaining to the handling numerical and “spatial” representations in the process of education (Pantsar, 2022, pp. 596-597).

Last but not least, the analysis of geometrical configurations of neuron nets is very important for developing advanced artificial intelligence (AI) models. For example, the use of hyperbolic geometry methods instead of those based on Euclidian geometry yields substantial gains in terms of the power and speed of AI (*cf.* Joseph, Meijke and Balay, 2025).

To sum up, nativism, which insists upon the ontogenetic origin of the numerical and spatial capacities of human beings, is integrated in the process of human enculturation, transforming the natural potential into an actual state.

были получены при сравнении особенностей восприятия европейцев и представителей племени хамба, которые обитают в отдаленных районах Намибии (см.: Biederman, 2013).

Между тем для понимания восприятия людьми геометрических конфигураций очень важно учитывать не только онтогенетические предпосылки этого процесса, но и процедуры инкультурации, ответственные за «оформление» систем и навыков операций с числовыми и «пространственными» представлениями по мере получения человеком образования (Pantsar, 2022, p. 596–597).

Наконец, анализ геометрической конфигурации нейронных сетей очень важен для разработки продвинутых моделей искусственного интеллекта (ИИ). Так, использование методов гиперболической геометрии по сравнению с методами, основанными на евклидовой геометрии, позволяет создавать существенно более мощные и быстродействующие средства ИИ (см.: Joseph et al., 2025).

Таким образом, нативизм, настаивающий на онтогенетических основаниях числовых и пространственных задатков человека, интегрируется с процессами его приобщения к культуре, трансформируя природный потенциал познания в его актуальное состояние.

4. О корреляциях ментальных структур и их выражений в языке

Значительный объем работы мозга, как известно, может с большей или меньшей полнотой и эффективностью выражаться в языке. В реальности это не односторонний процесс (мозг → язык), а двусторонний, то есть язык оказывает определенное и, более того, существенное влияние на мозг и на выражение активности мозга в языке. Именно язык в значительной степени формирует контуры «темпомира» человека. Речь идет, во-первых, о так называемом эффекте SNARC — простран-

4. The Correlation of Mental Structures and Their Expression in Language

Much of the brain's work can, with varying degrees of completeness and effectiveness, be expressed in language. In reality, it is not a unidirectional (brain → language) but a bidirectional process; that is, language exerts a certain, moreover, substantial influence on the activity of the brain and on the expression of this activity. Language goes a long way to shaping the human "tempo world." In this section, we will look, first, at the Spatial Numerical Association of Response Codes (SNARC) effect — the spatial correlation of the number sequence in respondent's answers — and, second, at the possible influence of script configuration on mental activity.

The SNARC effect is that persons who are used to left-to-right writing, given the standard numbers sequence (for example, 0 to 10), typically react to smaller numbers on the computer screen more swiftly with the left hand, while they react to larger numbers with the right hand. Representatives of peoples who write from right to left (Arabic, Hebrew, etc.) react in the opposite way, i.e. they react with the left hand more swiftly to larger than to smaller numbers (Fias, Dijck and Gevers, 2011, p. 142). This effect is manifest already at the neo-natal age, and in adults for non-symbolic values (Nemeh, Humberstone et al., 2018), as in the case of musical rhythm (Prpic and Fumarola, 2013); and in the general case there is no meaningful correlation with the mathematical aptitude of children and adolescents (He, Nuerk, Derksen et al., 2021). In procedures involving the automatic generation of numbers for left-to-right writers, larger

ственной числовой ассоциации кодов ответов, или, несколько точнее, пространственной корреляции числового ряда в ответах респондентов, и, во-вторых, о возможном влиянии конфигурации шрифта на ментальную активность.

SNARC-эффект состоит в том, что люди, которые привыкли писать слева направо, при стандартном расположении числовой линии (например, от 0 до 10) обычно на меньшие по значению числа, предъявляемые на экране компьютера, быстрее реагируют левой рукой, чем на большие — правой рукой. У представителей тех народов, где принято писать справа налево (арабский язык, иврит и т.д.), наблюдается обратная реакция, то есть они левой рукой быстрее реагируют на большие числа, чем на меньшие (Fias et al., 2011, p. 142). Этот эффект проявляется уже в неонатальном возрасте, а также у взрослых для несимволических величин (Nemeh et al., 2018) и в случае музыкального ритма (Prpic et al., 2013), и в общем случае он сколько-нибудь значимо не коррелирует со степенью математической одаренности детей и подростков (He et al., 2021). При процедурах автоматической генерации чисел людьми большие числа преимущественно генерируются при повороте головы вправо, а меньшие — при повороте головы влево.

Определенную роль в ментальной активности может играть конфигурация шрифтов, применяемых в письменности разных языков. Шрифт относится к визуальным символам, а используемые в шрифтах разных языков символы могут радикально отличаться: от европейских алфавитных до азиатских неалфавитных, от «линейных» до «блоковых», от тех, где слова разделяются пробелами, до тех, где все слова пишутся слитно, в виде горизонтальной линии или вертикальной и т.д. (Padakannaya et al., 2022, p. 95). Если субъект формировался в одной (скажем, восточной) культуре с правилами письма справа налево, но затем оказался погружен в другую культуру с правилами

numbers tend to be generated with the head turned to the right and smaller numbers when the head is turned to the left.

The configurations of scripts used in different languages may play a role in mental activity. Script is a visual symbol, and the symbols used in the scripts of different languages may differ radically: from European alphabetic to Asian non-alphabetic, from “linear” to “block”, from those with and without spaces between words, from horizontal to vertical, etc. (Padakannaya, Georgion and Winskel, 2022, p. 95). If an individual grew up in one culture (for example, East Asian) with right-to-left writing, but then found her-/himself in another culture with left-to-right writing, this may slow down SNARC effects, but not cancel them. The same happens when children who have not yet learned to read look at comics and pictures in the usual and the “mirror” positions (Lopiccolo and Chang, 2021, p. 16).

More recently, experiments have been conducted to assess the impact of different scripts on human perception and the character of cognitive activities. Attempts to understand and interpret such experiments chime with the idea of linguistic relativity in its weaker version, namely that language does not determine cognition totally, but only correlates with the character of cognitive activity up to a point, providing, as it were, a prism through which reality is viewed. I am referring to the script relativity hypothesis put forward by Hye K. Pae (2022, p. 98). To simplify things somewhat, Pae submits that the scripts of alphabetic languages contribute to the development of analytical habits in reading, and those of non-alphabetic languages, to a holistic perception of the text.

ми письма слева направо, это может замедлять SNARC-эффекты, но не отменяет их. Аналогично происходит рассмотрение комиксов и рисунков, расположенных обычным и «зеркальным» образом, детьми, еще не научившимися читать (Lopiccolo, Chang, 2021, p. 16).

В последнее время проводились эксперименты и по определению влияния разного рода шрифтов на восприятие человека и характер его познавательной активности. Попытки осмысления и интерпретации такого рода экспериментов в какой-то степени по духу близки известным подходам к осмыслению и интерпретации следствий идеи лингвистической относительности в ее слабой версии (язык не всецело детерминирует познание, а только в некоторой мере коррелирует с характером познавательной деятельности, задавая своего рода призму, сквозь которую просматривается реальность). Речь идет о гипотезе связанной со шрифтами относительности (*script relativity hypothesis*), выдвинутой Х. Пае (Pae, 2022, p. 98). Если несколько упростить ситуацию, то, по мысли Пае, шрифты, связанные с алфавитными языками, способствуют развитию аналитических навыков при чтении, а связанные с неалфавитными — холистическому восприятию текста. Наиболее рельефно такого рода различия заметны при использовании одним человеком шрифтов, отличающихся своей «топологией» — например, алфавитных и неалфавитных (в виде иероглифов, пиктограмм, орнаментов или специальных символов) (Vaid, 2022, p. 145–146).

Такого рода SNARC-подобные эффекты могут быть объяснены в контексте концепции биокультурного со-конструктивизма (Бажанов, 2019, с. 65–85). В свете этой концепции можно утверждать, что траектории естественного развития мозга и его насыщения со стороны культуры самым тесным образом переплетаются, то есть происходит аккультурация мозга, развернутая в истории жизни человека, и, в свою очередь, нейродетерминация культуры, в фи-

These differences stand out in bold relief when one and the same person uses scripts with different topologies, for example, alphabetic and non-alphabetic (hieroglyphics, pictograms, ornaments, and special symbols) (Vaid, 2022, pp. 145-146).

Such SNARC-like effects can be accounted for with a biocultural co-constructivist conception (Bazhanov, 2019, pp. 65-85). This suggests that the trajectories of the brain's natural development and its exposure to culture are closely intertwined, as the brain is enculturated over a lifetime, while culture undergoes neuro-determination. Physiologically, the mechanism of gene-cultural interaction determination is at work here. These processes transform both the brain, demonstrating the prodigious potential of its plasticity, and culture (consider, for example, the dynamics of the development of collectivist and individualistic cultures).

In the case of SNARC-like effects, cultural elements such as the conventional configurations of written language and common scripts elicit corresponding physiological and neuro-physiological reactions (i.e. preferences in ordering a number series or group of objects); and the latter correlate with the features of concrete cultures and their artefacts.

5. Conclusion

If the brain, along with the “number sense”, also has “a sense of space” (as witnessed by the Nobel Prize-winning discovery) in the context of the modular theory, we can posit the existence of a special geometric module which undergoes changes over the whole course of a person's life, and which is in charge of the perception of spatial

зиологическом аспекте означающая действие механизма ген-культурных взаимодействий. В результате этих процессов претерпевают трансформацию и мозг, демонстрируя удивительный потенциал пластичности, и культура (если иметь в виду, например, динамику развития культур коллективистского и индивидуалистского вида).

В случае SNARC-подобных эффектов элементы культуры в виде привычных для людей конфигураций письменного языка и распространенных шрифтов вызывают соответствующие физиологические и нейрофизиологические реакции (предпочтения упорядочения числового ряда или групп предметов), а последние коррелируют с отличительными признаками конкретных культур и их артефактов.

5. Заключение

Если наряду с «чувством числа» мозгу присуще «чувство пространства» (о чем свидетельствует и открытие, отмеченное Нобелевской премией), то в контексте модулярной теории можно утверждать наличие особого геометрического модуля, который на протяжении всей жизни человека претерпевает изменения и несет ответственность за восприятие пространственных (геометрических) структур. В целом такой вывод вполне сопрягается с современным прочтением идей Канта об априорном (то есть в данном контексте онтогенетическом) статусе представлений о пространстве и времени, которые развиваются в кантианской исследовательской программе. Мозг, а точнее, социальный мозг воспринимает реальность при непосредственном участии фенотипически формируемых нейронных структур и, в свою очередь, испытывает влияние культуры, в которую погружен, и деятельности его носителя (деятельностный тип трансцендентализма). SNARC-подобные эффекты с точки зрения идеи биокультурного со-конструктивизма можно рассматривать в качестве иллюстрации

(geometric) structures. On the whole, this conclusion resonates with the modern reading of Kant's thought about the *a priori* status (in this case, ontogenetic) of the notions of space and time, which are being developed in neuroscience line with the Kantian research programme. The brain, or rather, the social mind, perceives reality through phenotypically-formed neural structures; and it is influenced, in turn, by the culture in which it is immersed and the activity of its bearer (activity-oriented transcendentalism). From the viewpoint of biocultural co-constructivism, SNARC-like effects can be understood as a demonstration of the results of this uninterrupted process, attesting to the high plasticity of the brain.

References

- Amalric, M., Wang, L., Pica, P. et al., 2017. The Language of Geometry: Fast Comprehension of Geometrical Primitives and Rules in Human Adults and Preschoolers. *PLOS. Computational Biology*, 13(1), Art. e1005273. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005273>.
- Bazhanov, V.A., 2019. *Mozg – kul'tura – sotsium: kantianskaya programma v kognitivnykh issledovaniyakh* [Brain – Culture – Society: A Kantian Programme in Cognitive Researches]. Moscow: Kanon+ ROOI Rehabilitation. (In Rus.)
- Bazhanov, V.A., 2021. Number and the Kantian Research Programme in Modern Neuroscience. *Voprosy filosofii*, 7, pp. 50-60. (In Rus.)
- Biederman, I., 2013. Psychophysical and Neural Correlates of the Phenomenology of Shape. In: L. Albertazzi, ed. 2013. *Handbook of Experimental Phenomenology: Visual Perception of Shape, Space and Appearance*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. P. 4125-4136. <https://doi.org/10.1002/9781118329016>.
- Brown, T. I., 2021. Cognitive Mapping: Anchoring our Brain's Sense of Space in a Dynamic World. *Current Biology*, 31, pp. R291-R295. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.01.041>.

результатов этого непрерывного процесса, который определяет высокую степень пластичности мозга.

Список литературы

Бажанов В. А. Мозг — культура — социум: кантианская программа в когнитивных исследованиях. М. : Канон+ РООИ «Реабилитация», 2019.

Бажанов В. А. Число и кантианская исследовательская программа в современной нейронауке // Вопросы философии. 2021. №7. С. 50—60.

Зайцева Н. В., Зайцев Д. В. Феноменологическая перспектива в современной нейронауке // Философские науки. 2017. №1. С. 71—84.

Кант И. О форме и принципах чувственно воспринимаемого и интеллигибельного мира // Соч. : в 8 т. М. : Чоро, 1994. Т. 2. С. 277—320.

Кант И. Критика чистого разума. 2-е изд. (В) // Соч. на нем. и рус. яз. М. : Наука, 2006. Т. 2, ч. 1.

Amalric M., Wang L., Pica P. et al. The Language of Geometry: Fast Comprehension of Geometrical Primitives and Rules in Human Adults and Preschoolers // PLoS. Computational Biology. 2017. Vol. 13, №1. Art. № e1005273. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005273>.

Biederman I. Psychophysical and Neural Correlates of the Phenomenology of Shape // Handbook of Experimental Phenomenology: Visual Perception of Shape, Space and Appearance / ed. by L. Albertazzi. Chichester : Wiley-Blackwell, 2013. P. 415—436. <https://doi.org/10.1002/9781118329016.ch17>.

Brown T. I. Cognitive Mapping: Anchoring our Brain's Sense of Space in a Dynamic World // Current Biology. 2021. Vol. 31, №6. P. R291—R295. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.01.041>.

Buzsáki G., Llinás R. Space and Time in the Brain // Science. 2017. Vol. 357, № 6362. P. 482—485. <https://doi.org/10.1126/science.aan8869>.

Carey S. The Origin of Concepts. Oxford : Oxford University Press, 2009.

Chiandetti C., Vallortigara G. Is there an Innate Geometric Module? Effects of Experience with Angular Geometric Cues on Spatial Re-Orienting Based on the Shape of the Environment // Animal Cognition. 2008. Vol. 11, №1. P. 139—146. <https://doi.org/10.1007/s10071-007-0099-y>.

De Cruz H., De Smedt J. The Innateness Hypothesis and Mathematical Concepts // Topoi. 2010. Vol. 29. P. 3—13. <https://doi.org/10.1007/s11245-009-9061-8>.

Buzsaki, G. and Llinas, R. 2017. Space and Time in the Brain. *Science*, 357(6362), pp. 482-485. <https://doi.org/10.1126/science.aan886>.

Carey, S., 2009. *The Origin of Concepts*. Oxford: Oxford University Press.

Chiandetti, C. and Vallortigara, G., 2008. Is there an Innate Geometric Module? Effects of Experience with Angular Geometric Cues on Spatial Re-Orienting Based on the Shape of the Environment. *Animal Cognition*. 11. pp. 139-146. <https://doi.org/10.1007/s10071-007-0099-y>.

De Cruz, H. and De Smedt, J., 2010. The Innateness Hypothesis and Mathematical Concepts. *Topoi*, 29, pp. 3-13. <https://doi.org/10.1007/s11245-009-9061-8>.

Dehaene, S. and Brannon, E., 2011a. Space, Time, and Number: A Kantian Research Program. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(12), pp. 517-519. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.009>.

Dehaene, S. and Brannon, E., eds. 2011b. *Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought*. L.: Academic Press.

Dehaene, S., Sablé-Meyer, M. and Ciccione, L., 2025. Origins of Numbers: A Shared Language-of-Thought for Arithmetic and Geometry? *Trends in Cognitive Sciences*, 29(6), pp. 526-540. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2025.03.001>.

Dillon, M.R., Huang, Y. and Spelke, E., 2013. Core Foundations of Abstract Geometry. *PNAS*, 110(35), pp. 14191-14195. <https://doi.org/10.1073/pnas.13126401>.

Fias, W., Dijck, van J.-P. and Gevers, W., 2011. How is Number Associated with Space? The Role of Working Memory. In: S. Dehaene and E. Brannon, eds. 2011. *Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought*. L.: Academic Press, pp. 133-147.

Fodor, J., 1983. *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gromov, M., 2011. *Structures, Learning, and Ergosystems: Chapters 1-4*, 6. December 30, 2011 (Unpublished). Available at: <<https://www.ihes.fr/~gromov/wp-content/uploads/2018/08/ergobrain.pdf>> (Accessed 18 November 2025).

Gromov, M., 2018. *Great Circles of Mysteries: Mathematics, the World, the Mind*. Cham: Birkhauser.

Dehaene S., Brannon E. Space, Time, and Number: A Kantian Research Program // Trends in Cognitive Sciences. 2011. Vol. 14, № 12. P. 517–519. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.009>.

Dehaene S., Sablé-Meyer M., Ciccione L. Origins of Numbers: A Shared Language-of-Thought for Arithmetic and Geometry? // Trends in Cognitive Sciences. 2025. Vol. 29, № 6. P. 526–540. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2025.03.001>.

Dillon M. R., Huang Y., Spelke E. Core Foundations of Abstract Geometry // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2013. Vol. 110, № 35. P. 14191–14195. <https://doi.org/10.1073/pnas.13126401>.

Fias W., Dijck van J. -P., Gevers W. How is Number Associated with Space? The Role of Working Memory // Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought / ed. by S. Dehaene, E. Brannon. L. : Academic Press, 2011. P. 133–147.

Fodor J. The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology. Cambridge, MA : MIT Press, 1983.

Gromov M. Structures, Learning, and Ergosystems. Chapters 1-4. 2011. URL: <https://www.ihes.fr/~gromov/wp-content/uploads/2018/08/ergobrain.pdf> (дата обращения: 18.11.2025).

Gromov M. Great Circle of Mysteries: Mathematics, the World, the Mind. Cham : Birkhäuser, 2018.

He Y., Nuerk H. -C., Derksen A. et al. A Gifted SNARC? Directional Spatial-Numerical Association in Gifted Children with High-Level Skills do not Differ from Controls // Psychological Research. 2021. Vol. 85. P. 1645–1661. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01354-9>.

Heimler B., Behor T., Dehaene S. et al. Core Knowledge of Geometry Can Develop Independently of Visual Experience // Cognition. 2021. Vol. 212. Art. № 104716. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104716>.

Izard V., Pica P., Spelke E., Dehaene S. Flexible Intuitions of Euclidean Geometry in an Amazonian Indigenous Group // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2011. Vol. 108, № 24. P. 9782–9787. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016686108>.

Jackson A. The World of Blind Mathematicians // Notices of AMS. 2002. Vol. 49, № 10. P. 1246–1251.

Joseph A., Francis N., Balay M. Brain-Inspired AI with Hyperbolic Geometry. 3 Feb. 2025. arXiv: 2409.12990v3 [q-bio.NC]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.12990>.

Khachouf O. T., Poletti S., Pagnoni G. The Embodied Transcendental: a Kantian Perspective on the Neuropsychology // Frontiers in Human Neuroscience. 2013. Vol. 7. Art. № 611. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00611>.

He, Y., Nuerk, H. -C., Derksen, A. et al., 2021. A Gifted SNARC? Directional Spatial-Numerical Association in Gifted Children with High-Level Skills do not Differ from Controls. *Psychological Research*, 85, pp. 1645-1661. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01354-9>.

Heimler, B. Behor, T., Dehaene, S. et al., 2021. Core Knowledge of Geometry Can Develop Independently of Visual Experience. *Cognition*, 212, Art. 104716. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104716>.

Izard, V., Pica, P., Spelke, E. et al., 2011. Flexible Intuitions of Euclidean Geometry in an Amazonian Indigenous Group. *PNAS*, 108(24), pp. 9782-9787. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016686108>.

Jackson, A., 2002. The World of Blind Mathematicians. *Notices of AMS*, 49(10), pp. 1246-1251.

Joseph, A., Francis, N. and Balay, M., 2025. Brain-Inspired AI with Hyperbolic Geometry. *arXiv:2409.12990v3 [q-bio.NC]*, 03 Feb. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.12990>.

Kant, I., 1998. *Critique of Pure Reason*. Translated and edited by P. Guyer and A. W. Wood. Cambridge: Cambridge University Press.

Kant, I., 1992. On the Form and Principles of the Sensible and the Intelligible World [Inaugural Dissertation]. In: I. Kant, 1992. *Theoretical philosophy, 1755-1770*. Translated and edited by D. Walford and R. Meerbote. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 373-416.

Khachouf, O. T., Poletti, S. and Pagnoni, G., 2013. The Embodied Transcendental: A Kantian Perspective on the Neuropsychology. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, Art. 611. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00611>.

Kinzler, K. D. and Spelke, E. S., 2007. Core Systems in Human Cognition. *Progress in Brain Research*, 164, pp. 257-264. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64014-X](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64014-X).

Król J., Schumann, A., Bielas K., 2022. Brain and Its Universal Model of Multi-Agent Biological Systems. *Logica Universalis*, 16, pp. 671-687. <https://doi.org/10.1007/s11787-022-00319-3>.

Krupic, J., Bauza, M., Burton, S. et al., 2015. Grid Cell Symmetry Is Shaped by Environmental Geometry. *Nature*, 518(7538), pp. 232-235. <https://doi.org/10.1038/nature14153>.

Larson, C. L., Aronoff, J. and Steuer, E. L., 2012. Simple Geometrical Shapes are Implicitly Associated with Affective Value. *Motivation and Emotion*, 36, pp. 404-413. <https://doi.org/10.1007/s11031-011-9249-2>.

Kinzler K. D., Spelke E. S. Core Systems in Human Cognition // *Progress in Brain Research*. 2007. Vol. 164. P. 257–264. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64014-X](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64014-X).

Król J., Schumann, A., Bielas K. Brain and Its Universal Model of Multi-Agent Biological Systems // *Logica Universalis*. 2022. Vol. 16. P. 671–687. <https://doi.org/10.1007/s11787-022-00319-3>.

Krupic J., Bauza M., Burton S. et al. Grid Cell Symmetry is Shaped by Environmental Geometry // *Nature*. 2015. Vol. 518 (7538). P. 232–235. <https://doi.org/10.1038/nature14153>.

Larson C. L., Aronoff J., Steuer E. L. Simple Geometrical Shapes are Implicitly Associated with Affective Value // *Motivation and Emotion*. 2012. Vol. 36. P. 404–413. <https://doi.org/10.1007/s11031-011-9249-2>.

Lopiccolo D., Chang C.B. Cultural Factors Weaken but Do not Reverse Left-to-Right Spatial Biases in Numerosity Processing: Data from Arabic and English Monoliterates and Arabic-English Biliterates // *PLoS One*. 2021. Vol. 16, № 12. Art. № e0261146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261146>.

Low I., Giocomo L. M. Fifty Years of the Brain's Sense of Space // *Nature*. 2021. Vol. 599, № 7885. P. 376–377. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03010-7>.

Manin Y. I. Neural Codes and Homotopy Types: Mathematical Models of Place Field Recognition // *Moscow Mathematical Journal*. 2015. Vol. 15, № 4. P. 741–748. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1501.00897>.

Marchetti I., Koster E. Brain and Intersubjectivity: A Hegelian Hypothesis on the Self-Other Neurodynamics // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. Vol. 8. Art. № 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00011>.

Moser E. I., Furstenberg A. Theory and Practice in Neuroscience Modelling of Thought: An Interview with Edward I. Moser // *Human Arenas*. 2025. Vol. 8. P. 803–808. <https://doi.org/10.1007/s42087-024-00436-z>.

Nemeh F., Humberstone J., Yates M. Y., Reeve R. A. Non-symbolic Magnitudes are Represented Spatially: Evidence from a Non-symbolic SNARC Task // *PLoS One*. 2018. Vol. 13, № 8. Art. № e0203019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203019>.

O'Keefe J., Dostrovsky J. The Hippocampus as a Spatial Map. Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely-Moving Rat // *Brain Research*. 1971. Vol. 34, №1. P. 171–175. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(71\)90358-1](https://doi.org/10.1016/0006-8993(71)90358-1).

Padakannaya P., Georgiou G. K., Winskel H. Script's Influence on Reading Processes and Cognition: A Preamble // *Journal of Cultural Cognitive Science*. 2022. Vol. 6. P. 93–96. <https://doi.org/10.1007/s41809-022-00109-9>.

Lopiccolo, D. and Chang, C.B., 2021. Cultural Factors Weaken but Do not Reverse Left-to-Right Spatial Biases in Numerosity Processing: Data from Arabic and English Monoliterates and Arabic-English Biliterates. *PLoS One*, 16(12), Art. e0261146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261146>.

Low, I. and Giocomo, L., 2021. Fifty Years of the Brain's Sense of Space. *Nature*, 599(7885), pp. 376-377. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03010-7>.

Manin, Y. I., 2015. Neural Codes and Homotopy Types: Mathematical Models of Place Field Recognition. *Moscow Mathematical Journal*, 15(4), pp. 741-748. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1501.00897>.

Marchetti, I. and Koster, E., 2014. Brain and Intersubjectivity: A Hegelian Hypothesis on the Self-Other Neurodynamics. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, Art. 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00011>.

Moser, E. I. and Furstenberg, A., 2025. Theory and Practice in Neuroscience Modelling of Thought: An Interview with Edward I. Moser. *Human Arenas*, 8, pp. 803-808. <https://doi.org/10.1007/s42087-024-00436-z>.

Nemeh, F., Humberstone, J., Yates, M. Y. and Reeve, R. A., 2018. Non-symbolic Magnitudes are Represented Spatially: Evidence from a Non-symbolic SNARC Task. *PLoS One*, 13(8), Art. e0203019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203019>.

O'Keefe J. and Dostrovsky, J., 1971. The Hippocampus as a Spatial Map. Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely-Moving Rat. *Brain Research*. 34, pp. 171-175. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(71\)90358-1](https://doi.org/10.1016/0006-8993(71)90358-1).

Padakannaya, P., Georgiou, G. K. and Winskel, H., 2022. Script's Influence on Reading Processes and Cognition: A Preamble. *Journal of Cultural Cognitive Science*, 6, pp. 93-96. <https://doi.org/10.1007/s41809-022-00109-9>.

Pae, H. K., 2022. Toward a Script Relativity Hypothesis: Focused Research Agenda for Psycholinguistic Experiments in the Science of Reading. *Journal of Cultural Cognitive Science*, 6, pp. 97-117. <https://doi.org/10.1007/s41809-022-00103-1>.

Pantsar, M., 2022. On the Development of Geometric Cognition: Beyond Nature vs. Nurture. *Philosophical Psychology*, 35(4), pp. 595-616. <https://doi.org/10.1080/09515089.2021.2014441>.

Pettit, N. L., Yap, E.-L., Greenberg, M. E. and Harvey, Ch. D., 2022. Fos Ensembles Encode and Shape Stable Spatial Maps in the Hippocampus. *Nature*, 609, pp. 327-333. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05113-1>.

Pae H. Toward a Script Relativity Hypothesis: Focused Research Agenda for Psycholinguistic Experiments in the Science of Reading // *Journal of Cultural Cognitive Science*. 2022. Vol. 6. P. 97–117. <https://doi.org/10.1007/s41809-022-00103-1>.

Pantsar M. On the Development of Geometric Cognition: Beyond Nature vs. Nurture // *Philosophical Psychology*. 2022. Vol. 35, № 4. P. 595–616. <https://doi.org/10.1080/09515089.2021.2014441>.

Pettit N. L., Yap E.-L., Greenberg M. E., Harvey Ch. D. Fos Ensembles Encode and Shape Stable Spatial Maps in the Hippocampus // *Nature*. 2022. Vol. 609. P. 327–334. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05113-1>.

Prpic V., Fumarola A., De Tommaso M., Baldassi G. A SNARC-like Effect for Music Tempo // *Review of Psychology*. 2013. Vol. 20, № 1–2. P. 47–51.

Rav Y. Philosophical Problems of Mathematics in the Light of Evolutionary Epistemology // *18 Unconventional Essays on the Nature of Mathematics* / ed. by R. Hersh. N.Y. : Springer, 2006. P. 71–96.

Sablé-Meyer M., Benjamin J., Potier Watkins C. et al. A Geometrical Shape Regularity Effect in the Human Brain // *eLife*. 2026. № 14. Art. № RP106464. <https://doi.org/10.7554/eLife.106464.3>.

Sablé-Meyer M., Ellis K., Tenenbaum J., Dehaene S. A Language of Thought for the Mental Representation of Geometrical Shapes. *PsyArXiv*. Preprint, 23 Dec. 2021. <https://doi.org/10.31234/osf.io/28mg4>.

Sablé-Meyer M., Fagot J., Caparos S., Dehaene S. Sensitivity to Geometric Shape Regularity in Humans and Baboons: A Putative Signature of Human Singularity // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021. Vol. 118, № 16. Art. № e2023123118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023123118>.

Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought / ed. by S. Dehaene, E. Brannon. L. : Academic Press, 2011.

Spelke E. S., Kinzler K. D. Core Knowledge // *Developmental Science*. 2007. Vol. 10, № 1. P. 89–96. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00569.x>.

Tooley U. A., Bassett D. S., Mackey A. P. Environmental Influences on the Pace of Brain Development // *Nature Review Neuroscience*. 2021. Vol. 22, №6. P. 372–384. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00457-5>.

Vaid J. Biscrptiality: A Neglected Construct in the Study of Bilingualism // *Journal of Cultural Cognitive Science*. 2022. Vol. 6, №1. P. 135–149. <https://doi.org/10.1007/s41809-022-00101-3>.

Prpic V., Fumarola A., De Tommaso M. and Baldassi G., 2013. A SNARC-like Effect for Music Tempo. *Review of Psychology*, 20(1-2), pp. 47-51.

Rav, Y., 2006. Philosophical Problems of Mathematics in the Light of Evolutionary Epistemology. In: R. Hersh, ed. 2006. *18 Unconventional Essays on the Nature of Mathematics*. New York: Springer, pp. 71-96.

Sablé-Meyer, M., Benjamin, J., Potier Watkins, C. et al., 2025. A Geometrical Shape Regularity Effect in the Human Brain. *eLife*, 14, Art. RP106464. <https://doi.org/10.7554/eLife.106464.3>.

Sablé-Meyer, M., Ellis, K., Tenenbaum, J. and Dehaene, S., 2021. A Language of Thought for the Mental Representation of Geometrical Shapes. *PsyArXiv*. Preprint, 23 Dec 2021. <https://doi.org/10.31234/osf.io/28mg4>.

Sablé-Meyer, M., Fagot, J., Caparos, S. and Dehaene, S., 2021. Sensitivity to Geometric Shape Regularity in Humans and Baboons: A Putative Signature of Human Singularity. *PNAS*, 118(16), Art. e2023123118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023123118>.

Spelke, E. S. and Kinzler, K. D., 2007. Core Knowledge. *Developmental Science*, 10(1), pp. 89-96. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00569.x>.

Tooley, U. A., Bassett, D. S. and Mackey, A. P., 2021. Environmental Influences on the Pace of Brain Development. *Nature Review Neuroscience*, 22, pp. 372-381. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00457-5>.

Vaid, J., 2022. Biscrptiality: A Neglected Construct in the Study of Bilingualism. *Journal of Cultural Cognitive Science*, 6, pp. 135-149. <https://doi.org/10.1007/s41809-022-00101-3>.

Vallortigara, G., 2012. Core Knowledge of Object, Number, and Geometry: A Comparative and Neural Approach. *Cognitive Neuropsychology*, 29(1-2), pp. 213-236. <https://doi.org/10.1080/02643294.2012.654772>.

Vandervert, L. R., 1994. How the Brain Gives Rise to Mathematics in Ontogeny and in Culture. *The Journal of Mind and Behavior*, 15(4), pp. 343-350.

Zaitseva, N. V. and Zaitsev, D. V., 2017. Phenomenological Perspective in Contemporary Neuroscience. *Russian Journal of Philosophical Sciences*, 1, pp. 71-84. (In Rus.)

Translated from the Russian by Evgeni N. Filippov

Vallortigara G. Core Knowledge of Object, Number, and Geometry: A Comparative and Neural Approach // *Cognitive Neuropsychology*. 2012. Vol. 29, № 1-2. P. 213–236. <https://doi.org/10.1080/02643294.2012.654772>.

Vandervert L.R. How the Brain Gives Rise to Mathematics in Ontogeny and in Culture // *The Journal of Mind and Behavior*. 1994. Vol. 15, № 4. P. 343–349.

Об авторе

Валентин Александрович **Бажанов** — заслуженный деятель науки РФ, доктор философских наук, профессор, Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия.

E-mail: vbazhanov@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0336-9570>

Для цитирования:

Бажанов В. А. Эхо идей И. Канта в контексте современных когнитивных исследований // *Кантовский сборник*. 2026. Т. 45, № 1. С. 78–96.

<https://dx.doi.org/10.5922/0207-6918-2026-1-4>

© Бажанов В. А., 2026.

The author

*Prof. Dr Valentin A. **Bazhanov***, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: vbazhanov@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0336-9570>

To cite this article:

Bazhanov, V. A., 2026. Echo of Kant's Ideas in Modern Cognitive Research. *Kantian Journal*, 45(1), pp. 78-96.

<https://dx.doi.org/10.5922/0207-6918-2026-1-4>

© Bazhanov V. A., 2026.



ПРЕДСТАВЛЕНО ДЛЯ ВОЗМОЖНОЙ ПУБЛИКАЦИИ В ОТКРЫТОМ ДОСТУПЕ В СООТВЕТСТВИИ С УСЛОВИЯМИ ЛИЦЕНЗИИ CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION (CC BY) ([HTTP://creativecommons.org/licenses/by/4.0/](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))



SUBMITTED FOR POSSIBLE OPEN ACCESS PUBLICATION UNDER THE TERMS AND CONDITIONS OF THE CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION (CC BY) LICENSE ([HTTP://creativecommons.org/licenses/by/4.0/](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))