

КОГНИТИВНАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ В СТРУКТУРЕ КОГНИТИВНОГО РЕСУРСА¹

Горюнова Наталья Борисовна

К.псих.н., с.н.с., ФГБУН Институт психологии РАН (Москва)

gorjunovanb@ipran.ru

Воронин Анатолий Николаевич

Д.псих.н., г.н.с., ФГБУН Институт психологии РАН (Москва)

voroninan@ipran.ru

Бирюков Сергей Дмитриевич

К.псих.н., с.н.с., ФГБУН Институт психологии РАН (Москва)

biryukovsd@ipran.ru

COGNITIVE PLASTICITY IN THE STRUCTURE OF THE COGNITIVE RESOURCE

**N. Goryunova
A. Voronin
S. Biryukov**

Summary: The article attempts to connect the concepts of cognitive resource and cognitive plasticity, explaining the functional redundancy of a cognitive resource by the features of cognitive plasticity. The article shows that cognitive plasticity determines the completeness and speed of the construction of «stimulus representation» and the ability to acquire new cognitive skills, thereby predetermining the characteristics of the cognitive resource. The leading directions of empirical study of cognitive plasticity are presented. The main mechanisms underlying the decrease in plasticity in ontogeny are described and explanations of this phenomenon are given. The role of cognitive plasticity in the functional redundancy of the cognitive resource is determined.

Keywords: cognitive plasticity, cognitive resource, intelligence, cognitive reserve, cognitive skills.

Аннотация: В статье предпринята попытка связать понятия когнитивный ресурс и когнитивная пластичность, объяснив функциональную избыточность когнитивного ресурса особенностями когнитивной пластичности. В статье показано, что когнитивная пластичность определяет полноту и скорость построения «стимульной репрезентации», и способность приобретать новые когнитивные навыки, предопределяя тем самым характеристики когнитивного ресурса. Представлены ведущие направления эмпирического изучения когнитивной пластичности. Описаны основные механизмы, лежащих в основе снижения пластичности в онтогенезе и приведены объяснения этого феномена. Определена роль когнитивной пластичности в функциональной избыточности когнитивного ресурса.

Ключевые слова: когнитивная пластичность, когнитивный ресурс, интеллект, когнитивный резерв, когнитивные навыки.

Конструкт «когнитивная пластичность» был введен для обозначения изменчивости когнитивных функций, опосредованной социальными взаимодействиями и опытом обучения [13; 14]. В данной работе мы рассматриваем этот конструкт в контексте представлений о когнитивном ресурсе и гипотезы о функциональной избыточности когнитивного ресурса относительно требований окружающей среды и делаем попытку представить эмпирические и теоретические основания, которые позволили бы сформулировать проверяемые гипотезы о механизмах, лежащих в основе функциональной избыточности когнитивного ресурса.

Когнитивный ресурс как сложная совокупность специализированных подсистем, характеризуется фиксированным пределом доступной мощности и обладает функциональной избыточностью относительно требований среды (природной и социально-культурной). В научном дискурсе «когнитивный ресурс» обозначает «протоспособность» когнитивной сферы – общий базис

интеллекта. Первоначально когнитивный ресурс был определен через множество когнитивных элементов, которые симультанно используются человеком в процессе переработки информации [4; 5]. Когнитивный ресурс как количественная характеристика или множество связанных когнитивных элементов обеспечивает активное создание ментальных моделей реальности. Гипотетически, одной из функций когнитивной системы является порождение и поддержание в активном состоянии той части «субъективной реальности», которая представлена в ментальном плане в виде модели, отражающей проблемную ситуацию. Отсюда, симультанное «схватывание» некоторого множества элементов ситуации, удержание его в фокусе внимания и оперирование им обеспечивают индивидуальную продуктивность [2; 3]. Общая идея, заложенная в структурно-функциональную модель когнитивного ресурса, состоит в том, что на интеллектуальную продуктивность влияет не только скорость обработки информации нервной системой, но и свойства некоей базовой структуры (или структур), име-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00495 «Эмпирическая верификация структурно-функциональной модели когнитивного ресурса».

ющей нейрофизиологические основания. Симультанная актуализация множества элементов нейрокогнитивной сети обеспечивает создание и поддержание релевантной модели, а скорость когнитивных процессов является производной от мощности когнитивного ресурса.

Мощность когнитивного ресурса определяется исходя из внутренних условий и внешних обстоятельств и, вероятно, может меняться на сознательном уровне, позволяя выходить за рамки этих обстоятельств. В одной из своих последних работ В.Н. Дружинин высказал идею о функциональной избыточности когнитивного ресурса по отношению к задачам адаптации: когнитивные способности человека превышают те требования, которые предъявляет к нему окружающая природная среда. С развитием культуры возрастают социально-культурные требования среды, однако феномен функциональной избыточности когнитивного ресурса сохраняется: человек проактивно выдвигает гипотезы, выходя за пределы адаптивных требований среды (природной или культурной), порождая тем самым процесс творчества [6].

Предложенная гипотеза функциональной избыточности когнитивного ресурса может быть привлечена для объяснения таких характеристик креативного поведения, как склонность проявлять «надситуативную активность» [1] или тенденцию «сверхнормативной активности» [7]. Развивая эти представления, мы предполагаем, что в основе функциональной избыточности когнитивного ресурса лежат функциональные характеристики когнитивной пластичности, которая может проявляться на разных уровнях анализа (нейронном, поведенческом и социокультурном).

Когнитивная пластичность на теоретическом уровне тесно связана с концепцией развития в онтогенезе, понимаемого как процесс непрерывной адаптации [8]. Предполагается, что разные способности или когнитивные процессы различаются по своим траекториям развития, демонстрируя как линейные, так и нелинейные тенденции. Изменчивость когнитивной пластичности отражает нейронные ограничения на точность репрезентации стимулов. Исследования взаимосвязи изменчивости поведенческой гибкости и интеллекта со структурой и функциями мозга указывают на некоторые нейронные свойства, которые могут ограничивать когнитивные способности: размер одной или нескольких областей мозга, способность нейронных сетей (особенно в лобных отделах) активно поддерживать и контролировать обработку информации и физически изменять свои связи с течением времени для максимизации эффективности [15].

Согласно Е. Меркадо, нейронная пластичность обеспечивает когнитивную пластичность в той степени, в которой реорганизация увеличивает способность мозга

реконструировать стимульные репрезентации. Термин «стимульная репрезентация» используется автором для обозначения нейронной активности, вызванной сенсорными, моторными или ментальными структурами. Стимульные репрезентации указывают на то, что произошло определенное событие (изменение внешнего и внутреннего состояния). Мощность репрезентативного решения ограничивает то, что индивид может узнать о событии, например, человек, не различающий две репрезентации стимула, не может научиться по-разному реагировать на события, связанные с этими репрезентациями. Следовательно, когнитивная пластичность индивида ограничена способностью его мозга реконструировать стимульные репрезентации [там же].

В работе [12] когнитивная пластичность рассматривается как латентный когнитивный потенциал (способность приобретать когнитивные навыки) в определенных контекстных условиях, который может меняться в процессе практики и обучения. Способность мозга дифференцировать репрезентации определяется как основной фактор, обуславливающий то, какие когнитивные навыки может усвоить индивид и сколько времени потребуется ему для их овладения [15]. Сформированные когнитивные навыки предполагают возможность решать проблему без необходимости усвоения каких-либо перцептивно-моторных навыков, применяя способ, который ранее был неизвестен [16]. Исходя из этого, мы допускаем, что когнитивная пластичность обуславливает способность и легкость приобретения когнитивных навыков.

Для исследования когнитивной пластичности необходимо определить контекст, в котором она изучается. В большинстве исследований когнитивная пластичность изучалась в контексте эксперимента. При этом средний уровень когнитивного функционирования индивида в повседневном опыте противопоставлялся диапазону пластичности, демонстрируемому в условиях эксперимента. Определение контекстных условий является критическим, поскольку диапазон проявляемой пластичности будет варьировать в зависимости от таких экспериментальных факторов как продолжительность, интенсивность, формат инструкции и т.д.

Идея о том, что высоко-функциональные люди обрабатывают информацию более эффективным способом, нашла воплощение в гипотезе когнитивного резерва, предложенной Я. Штерном [17]. Согласно предположению автора, существует критический порог емкости ресурсов мозга, преодоление которого делает очевидным функциональный дефицит. В основе этой идеи лежат два типа нервных механизмов: 1) использование более эффективных и гибких нейронных сетей или когнитивных схем; 2) формирование новых компенсаторных сетей

мозга из-за повреждения обычно используемых. Вариабельность емкости ресурсов мозга может быть обусловлена как генетическими различиями, так и жизненным опытом.

Когнитивная пластичность проявляется и может быть изучена на разных уровнях анализа (нейронном, поведенческом, социокультурном) и в различных временных интервалах. Аналитически можно выделить разные типы пластичности, каждый из которых связан с различными теоретическими концепциями. Так, *структурная* пластичность может быть обнаружена на уровне изменений ковариационных связей во времени, например, когнитивных способностей. *Дифференциальная* пластичность описывает индивидуальные различия в согласованности когнитивных показателей. Если изменения в когнитивных способностях тесно связаны, то предполагается наличие одного или очень малого количества факторов, ответственных за наблюдаемую индивидуальную пластичность.

При изучении когнитивной пластичности в условиях тренировки исследователи фокусируются на когнитивных процессах (скорость обработки, торможение, исполнительное функционирование и т.д.) [12], простых когнитивных конструктах (индуктивное мышление, пространственная ориентация, эпизодическая память и т.д.) [19], когнитивных конструктах более высокого порядка (флюидный интеллект, кристаллизованный интеллект и т.д.) [11]. На нейронном уровне когнитивное функционирование концептуализируется через связность нейросетей: участие какого-то конкретного подмножества мозговых структур в овладении когнитивным навыком зависит от сложности задачи, опыта индивида и конкретных выполняемых действий [9; 10]. Когнитивная пластичность, обусловленная практикой использования когнитивных навыков и стратегий, характеризует состояние нейрокогнитивного резерва, позволяя реконструировать и модифицировать нейронные связи.

Наличие нейронных структур является необходимым, но не достаточным условием для пластичности. Как отмечает Mercado [15], более крупные области мозга, большее количество нейронов и синапсов сами по себе не обеспечивают большую пластичность, а являются условием для возможного увеличения нейро-когнитивных сетей, что приводит к большей функциональной емкости и разрешающей способности. Автор подчеркивает, что важнейшей особенностью пластичности является не только наличие устойчивых и эффективных связей, но и функциональная емкость, для обеспечения возможности менять конфигурацию и настройку нейронных сетей в кортикальных областях мозга.

Для изучения природы пластичности важно понимание механизмов, лежащих в основе ее снижения в онтогенезе. Одно из объяснений касается созревания нейронных структур, что предполагает нейрохимические изменения в конкретной области мозга, что в свою очередь приводит к увеличению скорости разрыва синаптических связей и снижению функциональной связности. Другое объяснение связано с прекращением обучения. Идея заключается в том, что сам процесс обучения приводит к изменениям, которые могут снизить пластичность в нейронной системе (нейробиологические изменения). Также предыдущее обучение может предъявлять высокие требования к вычислительным ресурсам системы, что ограничивает ресурсы для нового обучения. Наконец, предыдущее обучение может приводить систему в неоптимальное состояние для нового обучения, то есть для перенастройки системы потребуется дополнительное время [18].

В заключение резюмируем основные идеи о когнитивной пластичности как конструкте, который, возможно, объясняет функциональную избыточность когнитивного ресурса. Когнитивная пластичность представляет латентное свойство когнитивного ресурса, обеспечивающее успешность адаптации и изменений. При этом, существует выраженная возрастная динамика когнитивной пластичности. Взаимосвязь между мозгом, опытом и поведением, проявляется в том, что мозг способен на основе опыта «перенастраивать» кортикальные модули и сети для различных задач. Эффективное формирование новых когнитивных навыков зависит от перенастройки нейрокогнитивных сетей, в основе которой лежат механизмы пластичности мозга.

Влияние обучения и опыта на формирование когнитивной пластичности неоднозначно: с одной стороны, когнитивная стимуляция на поведенческом уровне может привести к изменениям в перенастройке нейронных сетей; с другой – предварительное обучение и опыт могут снижать пластичность, ограничивая существующие нейрокогнитивные ресурсы, необходимые для приобретения новых когнитивных навыков. Важно отметить, что когнитивная пластичность как важный компонент успешной адаптации предоставляет человеку возможность лучше использовать свои ресурсы для саморегуляции в достижении целей и в решении возникающих проблем. А исходя из гипотезы функциональной избыточности когнитивного ресурса, когнитивная пластичность обуславливает и такие характеристики креативного поведения как «надситуативную» или «сверхнормативную» активность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдавленская Д.Б. Интеллектуальная активность как проблема творчества. Изд-во Ростовского университета, 1983. 176 с.
2. Воронин А.Н., Горюнова Н.Б. Когнитивный ресурс: структура, динамика и развитие. М.: Институт психологии РАН, 2016. 247 с.
3. Горюнова Н.Б. Теоретические и прикладные аспекты проблемы когнитивного ресурса в структуре общих познавательных способностей // Психология человека в современном мире / Отв. ред. А.Л. Журавлев, И.А. Джидарьян, В.А. Барабанщиков, В.В. Селиванов, Д.В. Ушаков. М.: Институт психологии РАН, 2009, Т. 2, с. 327-337.
4. Горюнова Н.Б., Дружинин В.Н. Операциональные дескрипторы когнитивного ресурса и продуктивность решения тестовых задач и задач-головоломок // Психологический журнал. 2001. Т. 22. № 4, с. 21-29.
5. Горюнова Н.Б., Дружинин В.Н. Операциональные дескрипторы ресурсной модели общего интеллекта // Психологический журнал. 2000. Т. 21. № 4, с. 57-64.
6. Дружинин В.Н. Когнитивные способности: структура, диагностика, развитие. М.: ПЕР СЕ; СПб.: ИМАТОН-М, 2001. 224 с.
7. Петровский В.А. Психология неадаптивной активности / Российский открытый университет. М.: ТОО «Горбунок», 1992. 224 с.
8. Baltes P.B., Lindenberger U., Staudinger U.M. Life span theory in developmental psychology // In R. M. Lerner (Ed.), Handbook of child psychology: Theoretical models of human development. New York: Wiley. 2006. Vol. 1, 569-664.
9. Brehen Y., Li S.-C., Muller V., von Oertzen T., Lindenberger U. Memory plasticity across the life span: Uncovering children's latent potential. *Developmental Psychology*. 2007. 43, 465-478.
10. Craik F.I.M. Remembering items and their contexts: Effects of aging and divided attention // In H. Zimmer, Z. Mecklinger, U. Lindenberger (Eds.). *Binding in human memory: A neurocognitive perspective*. Oxford: Oxford University Press. 2006. 571-594.
11. Jaeggi S.M., Buschkuhl M., Jonides J., Perrig W.J. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008. 10, 1-5.
12. Jones S., Nyberg L., Sandblom J., Stigsdotter N.A., Ingvar M., Petersson K., et al. Cognitive and neural plasticity in aging: General and task-specific limitations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2006. 30, 864-871.
13. Kramer A.F., Bherer L., Colcombe S.J., Dong W., Greenough W.T. Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *J. of Gerontology. Biological Sciences and Medical Sciences*. 2004. 59(9), 940-957.
14. Li S.C. Biocultural orchestration of developmental plasticity across levels: The interplay of biology and culture in shaping the mind and behavior across the life span. *Psychological Bulletin*. 2003. 129(2), 171-194.
15. Mercado E. Neural and Cognitive Plasticity: From Maps to Minds. *Psychological Bulletin*. 2008, Vol. 134. 1, 109-137.
16. Rosenbaum D.A., Carlson R.A., Gilmore R.O. Acquisition of intellectual and perceptual-motor skills. *Annual Review of Psychology*. 2001. 52, 453-470.
17. Stern Y. (Ed.). *Cognitive reserve: Theory and applications*. New York: Taylor & Francis. 2007.
18. Thomas M.S.C., Johnson M.H. New advances in understanding sensitive periods in brain development. *Current Directions in Psychological Science*. 2008. 17, 1-5.
19. Willis S.L., Schaie K.W., Martin M. Cognitive Plasticity // In: Bengtson V., Silverstein M., Putney N., Gans D. *Handbook of Theories of Aging*. New York: Springer. 2009. 295-322.

© Горюнова Наталья Борисовна (gorjunovanb@ipran.ru), Воронин Анатолий Николаевич (voroninan@ipran.ru),
Бирюков Сергей Дмитриевич (biryukovsd@ipran.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»