

Д.Д. Капитонов

---

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ МОЗГОМ ЧЕЛОВЕКА И ВНЕДРЕНИЕ ИЗУЧЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ В КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

---

**Аннотация.** Работа посвящена общей декомпозиции процессов обработки информации мозгом человека. Проводится обзор имеющихся научных и научно-популярных материалов по анатомии и механизмам работы спинного и головного мозга. Обсуждаются процессы обработки информации различными отделами головного мозга. Предложены обобщенные схемы алгоритмов обработки информации различного типа с участием спинного мозга и гиппокампа. Рассматриваются возможности применения предложенных схем при разработке компьютерной системы.

*Ключевые слова:* обработка информации, декомпозиция, головной мозг, спинной мозг, эмоции, компьютерные системы.

D.D. Kapitonov

---

## RESEARCH AND DECOMPOSITION OF INFORMATION PROCESSING PROCESSES BY THE HUMAN BRAIN AND THE INTRODUCTION OF THE STUDIED MECHANISMS INTO COMPUTER SYSTEMS

---

**Abstract.** The article addresses the issues of the general decomposition of information processing by the human brain. The review of available scientific and popular scientific materials on anatomy and mechanisms of spinal and brain work has been carried out. The article discusses the processes of information processing by different brain departments. Generalized schemes of information processing algorithms of different types involving the spinal cord and hippocampus are proposed. The author considers the possibilities of application of the proposed schemes in computer system development.

*Keywords:* information processing, decomposition, brain, spinal cord, emotions, computer systems.

### *Введение*

Проблема хранения цифровой информации с каждым годом становится всё более масштабной в связи с увеличением числа пользователей цифровых устройств и количества создаваемой информации. При этом вся информация хранится на разных устройствах, в разных концах планеты, иногда в разных сетях. Контролировать весь этот поток данных не представляется возможным ввиду отсутствия свободных вычислительных мощностей для этого процесса. В связи с этим необходимо разработать технологию распределения и приоритизации сохранения всей поступающей информации.

Человеческий мозг постоянно получает информацию от органов чувств – зрения, слуха, обоняния, осязания, вкуса. При нормальной работе мозга запоминается лишь некоторая часть из всей этой информации. Большинство информационных потоков проходят сначала через спинной мозг, и лишь потом идут в головной мозг; некоторая информация попадает напрямую в головной мозг. Несмотря на то что спинной мозг является лишь концентратором нервных окончаний, он играет важную роль в процессе запоминания информации. Механизмы его работы также необходимо проанализировать для получения полной схемы процесса обработки информации.

**Капитонов Даниил Дмитриевич**

аспирант, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет); исполнительный директор, АО «Россельхозбанк», Москва. Сфера научных интересов: интеллектуальный анализ больших данных в системах поддержки принятия решений. Автор 11 опубликованных научных работ. SPIN-код: 9487-0828, AuthorID: 1195025. Электронный адрес: dan-16@yandex.ru

Окончательной обработкой всей поступающей информации занимается головной мозг. Нервные импульсы, проходя через отделы головного мозга, в итоге сохраняются или отбрасываются. Последовательность активации основных отделов головного мозга во время обработки информации также необходимо проанализировать и выявить основные механизмы определения важности получаемой информации.

*Обсуждение*

*Целью работы* является изучение и обобщенная декомпозиция процессов обработки информации, происходящих в головном мозге человека в возрасте от трех лет, не имеющего каких-либо отклонений от нормы. Декомпозированные алгоритмы обработки информации применялись при разработке «Прототипа системы моделирования процессов обработки и хранения визуальной и слуховой информации человеком» [1].

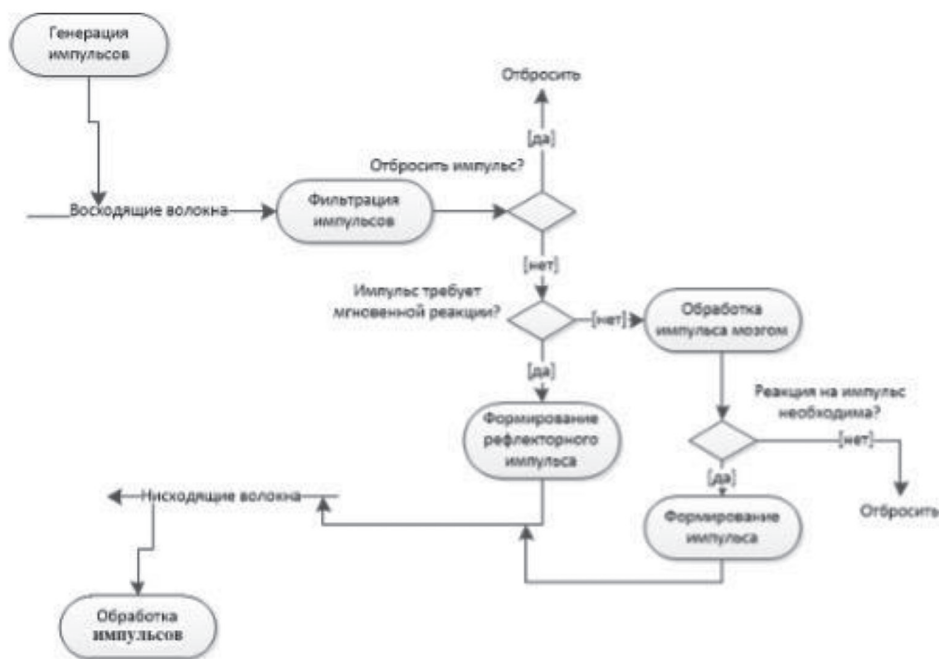
Принимая импульсы от нервных окончаний, спинной мозг занимается не только их пересылкой в головной мозг, который обрабатывает все эти импульсы, но и фильтрацией, чтобы снизить нагрузку на головной мозг; специальный отдел спинного мозга способен отфильтровывать незначительные сигналы [2; 3]. Механизм работает таким образом, что постоянно идущий слабый сигнал может быть отброшен. Аналогичным образом обрабатываются все сигналы, кроме болевых. С болевыми сигналами нервная система работает иначе [4], так как они могут быть опасны для организма и, соответственно, имеют приоритет.

Одна из ключевых функций спинного мозга – рефлекторная; она является ответной реакцией организма на раздражение нервной системы: кашель, чихание, зевание, боль. Рефлексы – это важный показатель нормальной работы спинного мозга и организма в целом.

Спинной мозг является шиной нервных импульсов, который собирает все импульсы и направляет их напрямую в мозг после применения алгоритмов фильтрации, что необходимо для оптимизации отправляемых в мозг импульсов. Также спинной мозг может самостоятельно принимать какие-либо решения при получении импульсов, источник которых может нанести вред организму, при этом он является ведомым, и его действия могут полностью контролироваться мозгом [5].

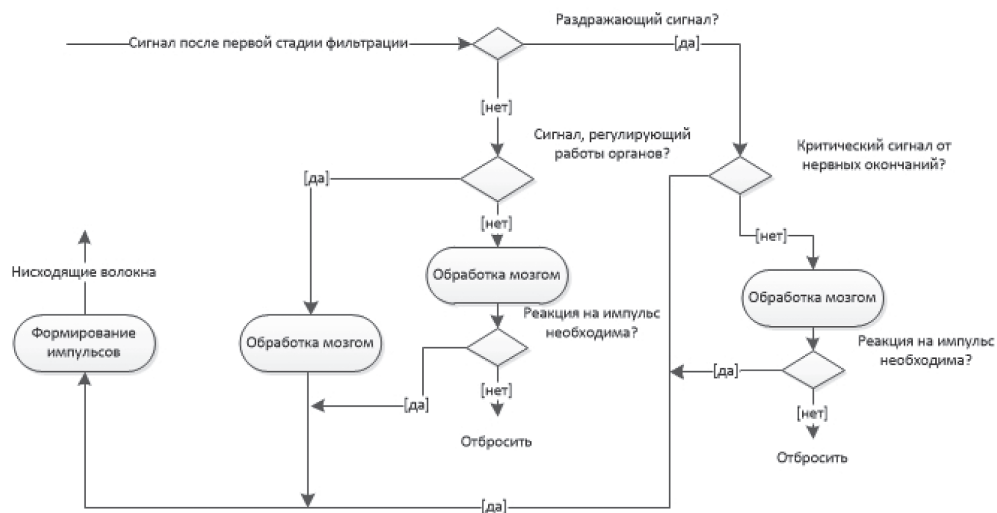
Проведенный анализ показал, что рефлексы, – несмотря на то, что они бывают разных видов и могут возникать как в спинном, так и в головном мозге, – очень похожи на примитивную обработку данных формата «если – то, иначе – то». То есть имеются либо врожденные рефлексы, либо выученные по ходу жизни организма последовательности действий.

На основании проведенного анализа была реализована схема обработки информации спинным мозгом с учетом фильтрации импульсов и рефлексов (Рисунок 1).



**Рисунок 1.** Схема передачи и обработки нервных импульсов спинным мозгом  
 Источник: здесь и далее схемы составлены автором.

В результате разработки схемы передачи нервных импульсов спинным мозгом возникла необходимость уточнения функции рефлекса. При обработке сигнала может быть выбрано одно из трех действий, применимых к этому сигналу: 1) отправить на обработку в головной мозг; 2) отбросить сигнал или 3) обработать, минуя область принятия решений головного мозга [6]. Итоговую схему с учетом проведенного анализа можно увидеть на Рисунке 2.



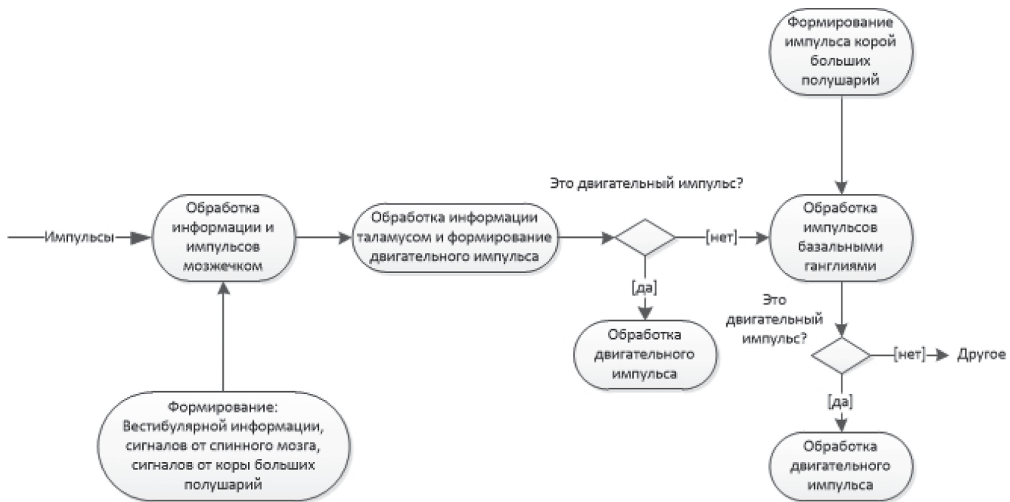
**Рисунок 2.** Обобщенная схема работы спинного мозга

*Декомпозиция процессов обработки информации в головном мозге*

Изучив работу отделов спинного мозга и имея обобщенные алгоритмы обработки импульсов, поступающих в головной мозг, необходимо провести анализ работы отделов головного мозга, которые первыми взаимодействуют с этими и другими импульсами.

Мозжечок [7] – это отдел головного мозга, который отвечает за координацию движений, мышечный тонус и управляет равновесием. Для выполнения своей работы мозжечку требуется получать сенсорную информацию, которая идет от спинного мозга [8], также он получает эфферентную информацию от двигательных центров и оценивает текущее состояние положений частей тела в пространстве. Мозжечок в процессе развития организма учится «выполнять» различные движения для поддержания организма в равновесии, мелкой моторики, ходьбы и др., но он запоминает лишь параметры этих движений, к примеру, движение руки вверх, поднятие ноги и др.

Базальные ганглии [9] – отдел головного мозга, по своему функционалу похожий на мозжечок; являются вспомогательной двигательной системой, которая функционирует в тесной связи с корой больших полушарий и кортикоспинальной системой двигательного контроля. Большинство входных и выходных сигналов базальные ганглии получают и отдают в кору больших полушарий. Их функция состоит в отправке сигналов для выполнения сложных двигательных программ, таких как письмо, танцы, резка бумаги ножницами и др., то есть на основе отдельных движений, которые «знает» мозжечок, формируются комплекс движений (Рисунок 3).



**Рисунок 3.** Обобщенная схема работы мозжечка и базальных ганглиев

Гиппокамп [10] – это часть лимбической системы головного мозга и гиппокамповой формации. Он участвует в формировании эмоций и консолидации памяти, переносе информации из кратковременной памяти в долговременную и связан со всеми отделами головного мозга, в которые передается и распределяется информация. Основная его функция – принятие решений о сохранении или отбрасывании информации. По ходу его работы часть информации переходит в долговременную память, а другая часть отфильтровывается, при этом эмоциональная память сохраняется в приоритете (Рисунок 4). Информация может быть как комплексной, зрительной, эмоциональной, звуковой, про-

странственной, так и нет. Важной его особенностью является то, что он также помогает человеку воспринимать 3D-мир, находить дорогу домой и в целом ориентироваться в пространстве, он «строит» своеобразную карту местности, по которой человек передвигается.



**Рисунок 4.** Обобщенная схема работы гиппокампа

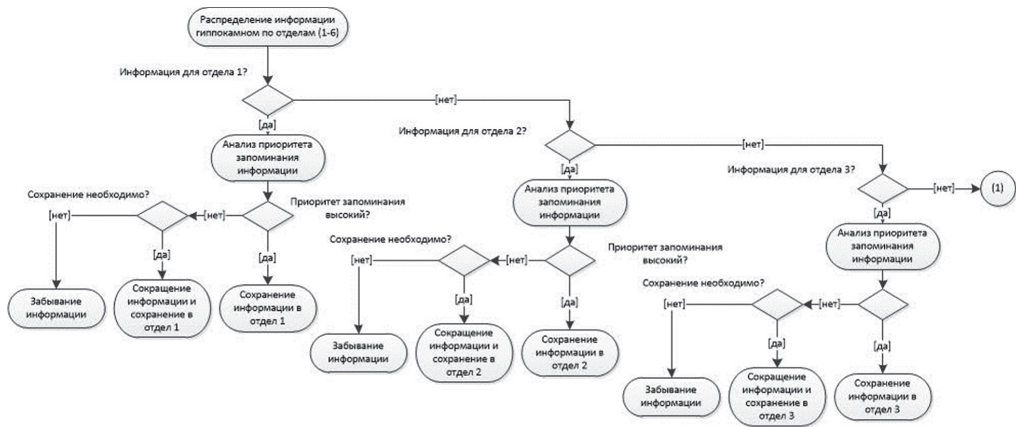
Кора головного мозга – слой серого вещества толщиной 1,3 ... 4,5 мм, расположенный по периферии полушарий большого мозга и покрывающий их. Мозг, как известно, состоит из двух полушарий, каждое из которых контролирует противоположную от себя часть тела: левое полушарие – правую часть, правое полушарие – левую. Полушария делятся на множество областей, каждая из которых принимает сигналы от различных сенсорных источников [11]. В каждую из этих зон поступают различные сенсорные сигналы, которые затем обрабатываются и отправляются дальше (Рисунок 5), чтобы либо запомнить эту информацию, либо отбросить ее.



**Рисунок 5.** Обобщенная схема обработки сенсорных сигналов корой больших полушарий

Также кора больших полушарий [12; 13] отвечает за долговременную память, в определенных ее отделах хранится информация, распределенная гиппокампом. Там же, в коре больших полушарий, происходит процесс мышления. Поступающая информация проходит сортировку в гиппокампе, который в зависимости от приоритетов каждого из типов данных сохраняет либо весь входящий поток, либо только данные определенных типов, либо отбрасывает ее (Рисунок 6).

## Исследование и декомпозиция процессов обработки информации мозгом человека ...



**Рисунок 6.** Работа гиппокампа с информацией различных типов

### Заключение

Выполнена обобщенная декомпозиция процессов обработки информации в головном и спинном мозге. Выделены функции коры головного мозга, гиппокампа, базальных ганглий, мозжечка, задействованные при обработке информации. Предложенные алгоритмы обработки информации в дальнейшем могут применяться при разработке системы моделирования процессов обработки и хранения визуальной и слуховой информации человеком.

### Литература

- Капитонов Д.Д. Разработка прототипа системы моделирования процессов обработки и хранения визуальной и слуховой информации человеком // Вестник российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2023. № 1. С. 29–36. EDN HPSGNV. DOI: 10.18137/RNU.V9I87.23.01.P29
- Дубынин В. Курс лекций об устройстве центральной нервной системы, функциях и работе отделов головного мозга человека от физиолога Вячеслава Дубынина // Постнаука. 2018. 30 сентября. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=0qlgd8HLn\\_M](https://www.youtube.com/watch?v=0qlgd8HLn_M) (дата обращения 01.11.2023).
- Берденникова В.В., Быков Ю.Н., Васильев Ю.Н., Юрлова О.В. Спинной мозг, периферическая нервная система. Топическая диагностика : Учеб. пособие для студентов. Иркутск : ИГМУ, 2018. 48 с.
- Таламус, thalamus. Строение таламуса. Ядра таламуса. Функции и значение таламуса // МедУнивер – MedUniver.com. URL: <https://meduniver.com/Medical/Anatom/395.html> (дата обращения 22.11.2023).
- Гамова А.Г. Физиология спинного и головного мозга : учебно-методическое пособие к курсу «Физиология центральной нервной системы» по специальности 020400 Психология. Елец : Елецкий гос. университет им. И.А. Бунина, 2010. 60 с. EDN QYXSFX.
- Crampton J., Meyers S., Cooper R., Sadler P., Foote M., Harte D. Pacing of Paleozoic macroevolutionary rates by Milankovitch grand cycles // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018. Vol. 115. No. 22. DOI: 10.1073/pnas.1714342115
- Свешников А.В. Современные данные о строении и функции мозжечка (Обзор) // Математическая морфология: электронный математический и медико-биологический журнал. 2015. Т. 14. № 4. С. 74–79. EDN YNMYGZ.

8. Виллигер Э. Головной и спинной мозг. Пособие по изучению морфологии и хода волокон / Пер. с десятого немецкого издания М.Н. Аникина и Э.В. Шмидта. М.-Л. : Государственное издательство, 1931. 375 с.
9. Силькис И.Г. Возможные механизмы взаимозависимого участия базальных ганглиев и мозжечка в функционировании двигательных и сенсорных систем // Интегративная физиология. 2021. Т. 2. № 2. С. 135–146. EDN KPJJRS. DOI: 10.33910/2687-1270-2021-2-2-135-146
10. Вартанов А.В., Козловский С.А., Скворцова В.Б., Созинова Е.В., Пирогов Ю.А., Анисимов Н.В., Курпriansов Д.А. Память человека и анатомические особенности гиппокампа // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2009. № 4. С. 3–16. EDN LKSDNT.
11. Голубев В.И. Информация как отображение объектов окружающего мира в коре головного мозга // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 3. С. 233–239. EDN VRCQNB.
12. Михайлова Н.А., Чемпалова Л.С. Физиология центральной нервной системы : учебное пособие. 2-е изд. Ульяновск : УлГУ, 2010. 164 с. ISBN 978-5-88866-368-4.
13. Ведясова О.А., Романова И.Д., Зайнулин Р.А. Физиология центральной нервной системы и высшей нервной деятельности : учеб. пособие. Самара : Изд-во Самарского университета, 2017. 128 с. ISBN 978-5-7883-1140-1.

## References

1. Kapitonov D.D. (2023) Development of a prototype system for modeling the processes of processing and storing visual and auditory information by humans. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 1. Pp. 29–36. DOI: 10.18137/RNUV9187.23.01.P.29 (In Russian).
2. Dubynin V. (2018) A course of lectures on the structure of the central nervous system, functions and work of human brain departments from a physiologist. *Postnauka*. September 30. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=0qlgd8HLn\\_M](https://www.youtube.com/watch?v=0qlgd8HLn_M) (accessed 01.11.2023). (In Russian).
3. Berdennikova V.V., Bykov Yu.N., Vasiliev Yu.N., Yurlova O.V. (2018) *Spinnoi mozg, perifericheskaya nervnaya sistema. Topicheskaya diagnostika* [Spinal cord, peripheral nervous system. Topical diagnostics] : Textbook for university students. Irkutsk : Irkutsk State Medical University Publ. 48 p. (In Russian).
4. Thalamus. The structure of the thalamus. The nuclei of the thalamus. Functions and meaning of the thalamus. *MedUniver.com*. URL: <https://meduniver.com/Medical/Anatom/395.html> (accessed 22.11.2023). (In Russian).
5. Gamova L.G. (2010) *Fiziologiya spinного i golovного mozga* [Physiology of the spinal cord and brain] : Educational and methodical manual for university students. Yelets : Yelets State University named after I.A. Bunin. 60 p. (In Russian).
6. Crampton J., Meyers S., Cooper R., Sadler P., Foote M., Harte D. (2018). Pacing of Paleozoic macroevolutionary rates by Milankovitch grand cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 115. No. 22. DOI: 10.1073/pnas.1714342115
7. Sveshnikov A.V. (2015) Modern data on the structure and function of the cerebellum (Review). *Matematicheskaya morfologiya: elektronnyi matematicheskii i mediko-biologicheskii zhurnal*. Vol. 14. No. 4. С. 74–79. (In Russian).
8. Villiger E. (1912) *Brain and Spinal Cord: A Manual for the Study of the Morphology and the Fibre-tracts of the Central Nervous System*. Lippincott. 289 p. (Russian edition: trans. from the tenth German edition by M.N. Anikin and E.V. Schmidt. Moscow-Leningrad : State Publishing House, 1931. 375 p.).

9. Silkis I.G. (2021) Possible mechanisms of the interdependent involvement of the basal ganglia and cerebellum in the functioning of motor and sensory systems. *Integrative Physiology*. Vol. 2. No. 2. Pp. 135–146. DOI: 10.33910/2687-1270-2021-2-2-135-146 (In Russian).
10. Vartanov A.V., Kozlovsky S.A., Skvortsova V.B., Sozinova E.V., Pirogov Yu.A., Anisimov N.V., Kupriyanov D.A. (2009). Human memory and anatomical features of the hippocampus. *Moscow University Psychology Bulletin*. No. 4. Pp. 3–16. (In Russian).
11. Golubev V.I. (2016) Information is display of subjects of world around in a cerebral cortex. *Information technologies*. Vol. 22. No. 3. Pp. 233–239. (In Russian).
12. Mikhailova N.L., Chempalova L.S. (2010) *Fiziologiya tsentral'noi nervnoi sistemy* [Central nervous system physiology] : Training manual. 2<sup>nd</sup> edition. Ulyanovsk : Ulyanovsk State University Publ. 164 p. ISBN 978-5-88866-368-4. (In Russian).
13. Vedyasova O.A., Romanova I.D., Zainulin R.A. (2017) *Fiziologiya tsentral'noi nervnoi sistemy i vysshei nervnoi deyatel'nosti* [Physiology of the central nervous system and higher nervous activity] : Training manual. Samara : Samara University Publ. 128 p. ISBN 978-5-7883-1140-1. (In Russian).