

Михайлов А.Л.

## **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗЫ СНА РЕЖИМОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ**

*Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова*

Предложена интерпретация фазы сна как off-line режим обработки информации живой системы, при которой может возникать феномен процесса сновидений, представляющий собой, в основе, импульсную характеристику функции преобразования системы базиса. Разработана функциональная модель рассматриваемой системы с искусственным интеллектом.

*Ключевые слова:* принципы искусственного интеллекта, психофизиология сна.

Утро вечера мудренее...  
*Пословица*

### **Введение**

Проблеме процессу сна посвящено множество самых различных исследований [1-3]. Их многообразие так же велико, как и многообразие исследований природы личности и сознания человека, а также происходящих при этом физических процессов. Сон определяется как состояние, характеризующее потерей активных связей субъекта с окружающим его миром, свойственные для высших животных и человека. Ранее полагали, что сон представляет собой некий отдых для мозга и тела. Однако оказалось, что активность мозга во время сна часто выше, чем во время бодрствования. Установлено, что активность мозга во время сна существенно возрастает, т.е. сон - это активный физиологический процесс, несмотря на то, что спящий не реагирует на многие внешние воздействия. Наиболее известны следующие теории, интерпретирующие и объясняющие этот феномен: гуморальная теория (из-за веществ, появляющихся в крови при длительном бодрствовании); подкорковая и корковая теории; химическая теория и др. Важной особенностью сна является то, что у него имеются две главные фазы: 1) медленный сон (SWS - slow-wave sleep), обычно занимает 75 - 80% времени сна, характеризуется минимизацией физиологических функций; 2) быстрый сон (REM — rapid eye movement), при котором физиологические функции, наоборот, активизируются. Примечательным феноменом быстрого сна REM является то, что спящий в этот период времени видит сновидения. Если значение и важность медленного сна и так очевидна, то оказывается, быстрый сон имеет не менее важное значение для организма, например, если человека искусственно лишить быстрого сна, то, несмотря на вполне достаточную общую продолжительность сна, через пять - семь дней у него наступают психические расстройства. Многообразие интерпретаций, сложность их формализаций и обобщений ставит вопросы по разработке и использованию новых идей в области теории сна.

В настоящей работе, не вдаваясь слишком глубоко в психофизиологию сна, предложим новую интерпретацию и моделирование сна как информационного процесса некоторой сложной информационной технической системы (ИТС). В основе этого подхода будет лежать следующий принцип функционирования системы: работа ИТС разделяется на две фазы; обработанная информация за активный период функционирования ИТС, в пассивный период работы дополнительно анализируется и оценивается для корректировки основных параметров ИТС для последующей работы в активный период.

### **Спектральный подход и интерпретация**

В работах [4, 5] предложена спектральная интерпретация процессов, происходящих при обработке информации в живом организме. Живой организм при этом предлагается рассматривать как сложную линейаризованную ИТС, определяемую ее основными параметрами, как импульсная характеристика и спектральный базис (см. рис. 1). Было показано, что при оптимизации

ции с точки зрения экономии ресурсов системы, появляется необходимость разделения общего времени функционирования ИТС на два периода или режима функционирования: активную - on-line и пассивную – off-line обработки.

При on-line обработке, или в активной фазе, система функционирует, используя свертку входного сигнала  $s(t)$  с импульсной характеристикой ИТС  $g(t)$ , записываемую в общем виде [6], как

$$s_{\text{вых}}(t) = \int_{-\infty}^t s(x)g(t-x)dx .$$

Также при этом поступающий на вход сигнал накапливается в буфере для его последующей дополнительной обработки.

При off-line обработке, когда исчезает необходимость оперативного реагирования на внешние сигналы, система переходит на обработку накопленной информации, оценки результатов этой обработки и «адаптацию» своих параметров для последующей on-line режима работы. Под обработкой накопленной информации в данном подходе понимается анализ входных  $s(t)$  и выходных  $s_{\text{вых}}(t)$  сигналов относительно некоторого базиса  $\psi(t)$ . В качестве такого базиса может выступать набор вейвлетов, которые могут нести определенную психофизиологическую роль набора «ценностей» системы. Эти вейвлеты  $\psi(t)$ , в свою очередь, можно определять и рассматривать на фоне спектрального базиса, например, базиса Фурье  $\varphi(t) = e^{j\omega t}$ .

В результате вышеизложенного подхода [4, 5] расширенная обработка информационных временных данных в живом организме, которая включает кроме обычной манипуляции с данными также корреляционную и спектральную обработку, может являться одной из причин для появления так называемой природы личности или сознания живых существ. Корреляционная обработка, кроме этого может приводить к появлению феномена психологического времени. Временную и спектральную обработки информации рационально разделять во времени или фазы. Это приводит к естественному сопоставлению режимов или фаз работы с активной фазой работы и фазой, соответствующей такого феномена, как состояния сна.

Как ранее было отмечено, в свою очередь сон подразделяют на медленный – SWS и быстрый – REM. Быстрый сон содержит в себе специфический процесс – сновидения, обозначаемую нами как сигнал  $\eta_i(t)$ . Если рассмотреть ИТС, моделирующую живую систему и содержащую эти рассмотренные нами процессы SWS, REM и  $\eta_i(t)$ , то можно изобразить временную диаграмму режимов работы ИТС в следующем виде (см. рис. 1).

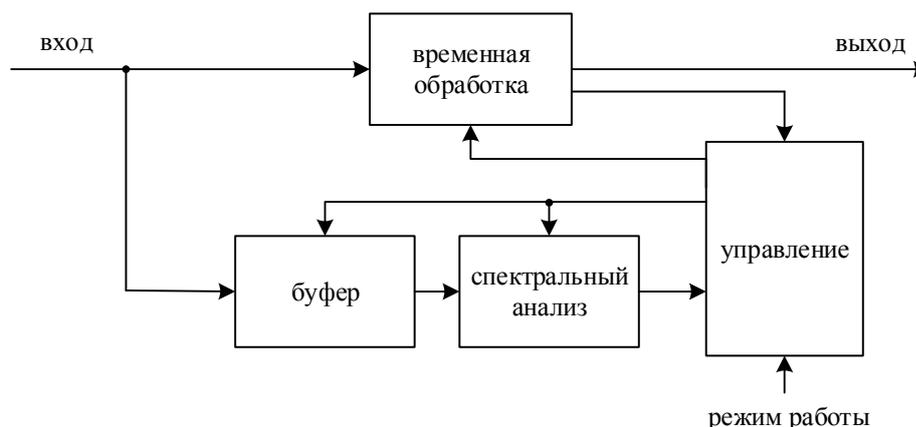


Рис. 1. Линеаризированная модель ИТС

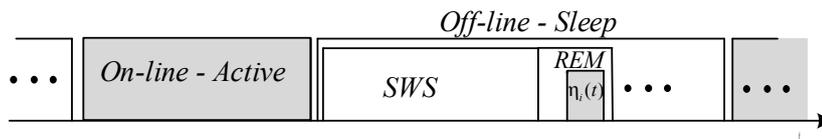


Рис. 2. Временная диаграмма работы системы обработки

**Off-line режим работы системы обработки**

На основе изложенного выше, так называемого спектрального подхода анализа и интерпретации информационных процессов в живых системах [4, 5], проанализируем взаимосвязи и процессы, происходящие в off-line режиме работы, рассматриваемой ИТС. Входной  $s(t)$  и выходной  $s_{\text{вых}}(t)$  сигналы, накопленные в буфере или памяти системы, анализируются с помощью базиса  $\psi(t)$ . В случае, если это вейвлеты [7], можно записать через

$$\Psi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \text{ вейвлет-преобразование } T(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)\psi_{a,b}^* dt.$$

Здесь параметры масштаба  $a$  и сдвига  $b$  играют роль частоты и фазы в спектральном анализе. Логично предположить, что импульсная характеристика системы  $g(t)$  и базис  $\psi(t)$  должны быть взаимосвязаны, т.е. можно записать  $g(t) = L[\psi(t)]$ . Базис  $\psi(t)$ , в свою очередь, можно рассматривать на общем

$$\text{фоне Фурье-базиса } \phi(t) = e^{j\omega t}, \text{ т.е. } \Psi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)e^{-j\omega t} dt.$$

Алгоритм работы системы в off-line режиме заключается в анализе спектра накопленных сигналов в on-line режиме работы и корректировке параметров системы на основе результатов этого анализа. После анализа спектра входных и выходных сигналов система оценивает полученный результат и переходит к модификации своих параметров,  $\Psi_1(t) \rightarrow \Psi_2(t)$  и  $g_1(t) \rightarrow g_2(t)$ .

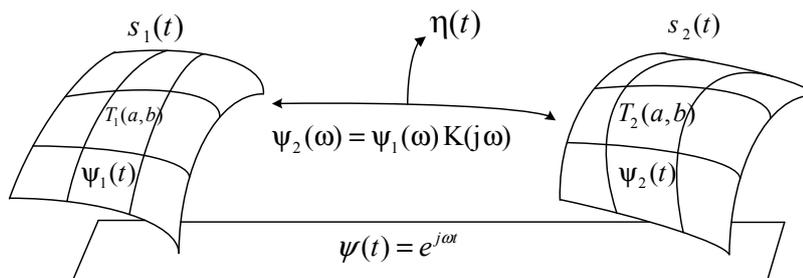


Рис. 3. Возникновение процессов сновидения  $\eta(t)$

Преобразование базиса  $\Psi_1(t) \rightarrow \Psi_2(t)$  можно рассматривать в первом приближении как линейное преобразование посредством некоторой передаточной функции  $K(j\omega)$  так, что  $\Psi_2(\omega) = \Psi_1(\omega)K(j\omega)$  (см. рис. 2). Временное представление  $\eta(t)$  этой передаточной функции  $K(j\omega)$  есть соответствующая импульсная характеристика,

$$\eta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega)e^{j\omega t} d\omega.$$

Временной процесс  $\eta(t)$  - это новый сигнал, который возникает в системе в off-line режиме работы. При обращении к физиологическим процессам живой системы в аналогичном

режиме функционирования, как нетрудно заметить, можно естественным образом сопоставить сигналу  $\eta(t)$  хорошо известные всем нам процессы – процессы сновидения (см. рис. 2).

Таким образом, в нашем подходе процессы сновидения – это по существу импульсная характеристика, откуда можно получить некоторые интересные следствия для  $\eta(t)$ : 1) сновидения будут отсутствовать при отсутствии изменений в системе во время сна, т.к. не изменяются базисы  $\psi(t)$ ; 2) так как для  $\eta(t)$  справедлив принцип причинности, то сновидения не могут начинаться раньше начала преобразования  $\psi_1(t) \rightarrow \psi_2(t)$ ; 3) относительно небольшим трансформациям базиса  $\psi(t)$  соответствуют более «спокойные» сны  $\eta(t)$  и наоборот; 4) степень «детализации» сна связан с «широкополосностью» базиса  $\psi(t)$ , чем он шире, тем содержание сна детальнее.

### Функциональная схема системы обработки

На основе вышеизложенного алгоритма работы системы с ИИ можно составить следующую функциональную схему, представленную на рис. 3.

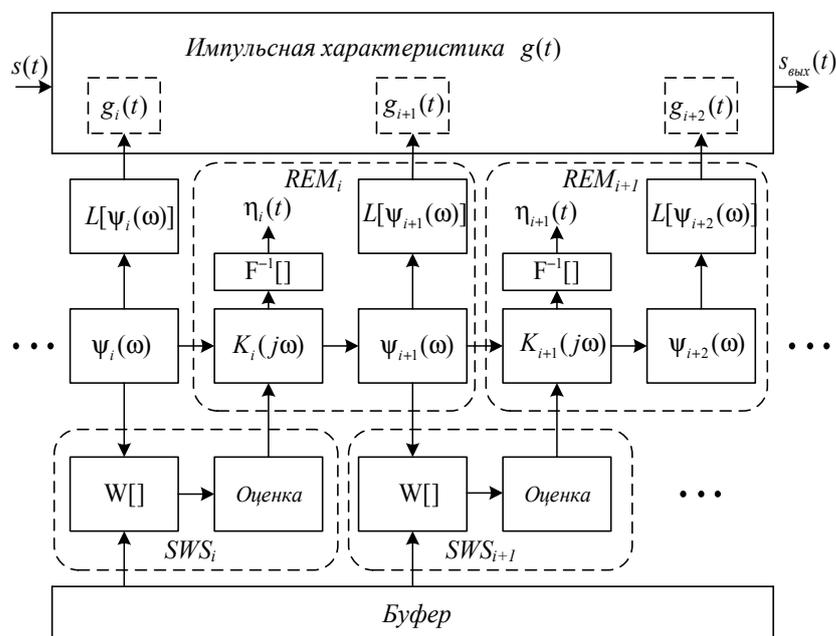


Рис. 4. Функциональная схема работы системы обработки с ИИ

Так как on-line и off-line режимы повторяются, здесь показаны основные операции и преобразования для  $i$ -го и  $i+1$ -го этапа работы системы.

На этапе  $i$  в on-line режиме системы входной сигнал  $s(t)$  свертывается с импульсной характеристикой  $g_i(t)$ , давая на выходе сигнал  $s_{\text{вых}}(t)$ . Состояние системы определяется вейвлет-базисом  $\psi_i(\omega)$  и импульсной характеристикой  $g_i(t)$ , которые имеет смысл связать, например, через некоторое линейное преобразование,  $g_i(t) = L[\psi_i(\omega)]$ . Накопленные в буфере сигналы  $s(t)$  и  $s_{\text{вых}}(t)$  за активный период работы в off-line режиме, в стадии медленного сна  $SWS_i$ , анализируются с помощью вейвлет-преобразования  $W[]$ . Полученное вейвлет-преобразование  $T_i(a, b) = W_i[s(t)]$  оценивается системой, и после этого вырабатывается функция передачи  $K_i(j\omega)$  для преобразования системы базисов  $\psi_i(\omega)$ .

В стадии быстрого сна  $REM_i$  осуществляется трансформация  $\psi_i(t) \rightarrow \psi_{i+1}(t)$ . Временной процесс такого преобразования представляет собой обратное преобразование Фурье  $F^{-1}[]$

передаточной функции  $K_i(j\omega)$ . Получаемый при этом сигнал можно интерпретировать как сигнал сновидений  $\eta_i(t)$ . Полученные базисы  $\Psi_{i+1}(\omega)$  определяют новую импульсную характеристику  $g_{i+1}(t)$  для on-line режима работы системы на  $i+1$ -ом этапе и все повторяется с начала.

### **Заключение**

Таким образом, при оптимизации ресурсов сложной информационно-технической системы можно прийти к новым принципам построения систем с ИИ и новым принципам их функционирования. Работа таких систем будет содержать ряд интересных особенностей, некоторые из которых можно сопоставлять с особенностями поведения высокоорганизованных живых организмов, такими как фазы сна, сновидений и т.п. На основе разработанной функциональной схемы системы обработки с ИИ, в дальнейшем, можно синтезировать различные технические системы с ИИ, например, следящие системы, системы регулирования, измерительные системы и т.п.

### **Л и т е р а т у р а :**

1. Хокинс Дж. Об интеллекте. Пер с англ. — Москва-Санкт-Петербург-Киев. Изд. дом «Вильямс», 2007. — 128 с.
2. Шульговский В. В. Основы нейрофизиологии. — М.: Аспект Пресс, 2000. — 277 с.
3. Фрейд, З. Толкование сновидений / З. Фрейд; пер. с нем. — М.: Эксмо; СПб: Мижгарт, 2005. — 1083 с.
4. Mikhailov A.L. Spectral analysis the nature of personality and the principles of artificial intelligence. // Physics of Consciousness and Life, Cosmology and Astrophysics. — 2013. № 3 (51) July - September. — P. 12-21.
5. Михайлов А.Л. Спектральный анализ, природа личности и принципы искусственного интеллекта //Нигматуллинские чтения – 2013: материалы Международной научно-технической конф. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2013 — С. 407-410.
6. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. — М.: Радио и связь, 1986. — 512 с.
7. Дремин И.М. и др. Вейвлеты и их использование. // УФН. — Т. 171, №5 (2001). — С. 465-501.

*Статья поступила в редакцию 28.03.2016 г.*

*Mikhailov A.L.*

### **Interpretation and modeling of the phase of the dream by the mode of functioning of system with artificial intelligence**

Interpretation of a phase of a dream as offline mode of information processing of live system at which there can be a phenomenon of process of dreams representing in a basis, the pulse characteristic of function of transformation of system of basis is offered. The functional model of the considered system with artificial intelligence is developed.

*Keywords:* principles of artificial intelligence, dream psychophysiology.