

граница рабочего диапазона частот преобразователя является спорной. Большинство оценок спектра пульсового сигнала составляют 0,5–40 Гц [6]. Прием для дальнейшего анализа верхнюю границу рабочего диапазона частот преобразователя равной 60 Гц.

При изготовлении сильфона из резиновой смеси И-51 степень успокоения колебательной системы составляет 0,45, а верхняя граница рабочего диапазона частот преобразователя может быть оценена величиной $0,7 f_0$,

где f_0 равна $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$. Здесь k – жесткость сильфона; m – масса колебательной системы.

В [5] была получена оценка колебательной массы $m \approx 2$ г. С учетом изложенного, из последнего соотношения жесткость сильфона составляет 600 Н/м.

Как показала медицинская практика, диаметр сильфона составляет 12 мм (в работе [5] диаметр сильфона был принят равным 20 мм) при внутреннем давлении до 200 мм рт. ст. Перемещение свободного торца сильфона будет ≈ 5 мм, что является достаточным для проведения обследования методом многозонной пульсометрии.

3. Вывод

Исходя из требований систематического характера погрешности преобразования силы пульсового сигнала в объектном измерении, обеспечения необходимого рабочего диапазона частот при реальной массе ВЧ – колебательной системы устройства [5], а также перемещения подвижного торца сильфона ≈ 5 мм при внутреннем давлении до 200 мм рт. ст. жесткость сильфона должна составлять примерно

600 Н/м. Возрастание колебательной массы ВЧ – системы приводит к увеличению жесткости сильфона и повышению давления в пневматической системе устройства P_0 (рис.2).

Литература: 1. *Йонаш В.* Клиническая кардиология / Пер. с чеш. Прага: Государственное изд-во медицинской литературы. 1966. 970 с. 2. *Смердов А.А., Сторчун Е.В., Славитич О.* Автоматизированный комплекс для экспресс-диагностики на основе методов западной та тибетско-монгольской медицины // Укр. журн. мед. техникі і технології. 1997. №1-2. С.42-46. 3. *Пат.* 2085111 Россия, МКИ С1 6А 61В 5/02. Устройство для измерения пульса / Азаргаев Л.Н. (Россия), Бороноев В.В. (Россия), Поплаухин В.Н. (Россия), Сторчун Е.В. (Украина). № 93052557/14; Заявл.15.11.93; Опубл. 27.07.97, Бюл. № 21. 2с. 4. *Сторчун Е.В.* Визначення параметрів джерела біомеханічного сигналу // Вісник держ. ун-ту "Львівська політехніка". 1997. № 326. С. 77-79. 5. *Бороноев В.В., Поплаухин В.Н., Сторчун Ю.Е.* Преобразователь силы пульсового сигнала для многозонной пульсовой диагностики // Мед. техника. 1998. №2. С.23-24. 6. *Палеев Н.Р., Каевидер И.М.* Атлас гемодинамических исследований в клинике внутренних болезней. М.: Медицина, 1975. 240 с.

Поступила в редколлегию 10.09.98

Рецензент: д-р техн. наук Синицкий Л.А.

Смердов Андрей Андреевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой КТРА РТФ, ГУ "Львівська політехніка". Адрес: Украина, 290646, Львов, ул. С.Бандеры, 12, тел. 39-89-70.

Сторчун Юрий Евгеньевич, магистрант каф. КТРА, РТФ ГУ "Львівська політехніка". Научные интересы: пульсовая диагностика, восточная медицина. Адрес: Украина, 290646, Львов, ул. С.Бандеры, 12, РТФ. Email ydeshch@polynet.lviv.ua.

УДК 519.713

КОНСТРУКТИВНАЯ РОЛЬ ШУМА В ПРОЦЕССАХ САМООРГАНИЗАЦИИ

ЛАГУТИН М.Ф., ОГИЕНКО А.А.

Демонстрируется механизм конструктивного воздействия стохастического процесса на однородную активную сеть клеточных автоматов. Показывается, что процесс самоорганизации даже в простой системе сопровождается формированием иерархии структур. Отмечается вложенность временных и пространственных масштабов в интегративный процесс, что соответствует зарождению фликкер-динамики.

1. Введение

В [1-3] при рассмотрении радиофизических систем допускалась возможность того, что шум может усиливать слабый гармонический сигнал, предполагалось наличие такого эффекта при возникновении кооперации между гармонической и стохастической составляющими. Считалось, что согласованность поведения обеих компонент может обеспечить бистабильная система типа триггера Шмитта. Триггер Шмитта выступал в роли статистического фильтра по отношению к стохастической компоненте и управлялся гармоническим сигналом. В максимуме амплитуды гармонического сигнала бистабильная система более

восприимчива к положительным всплескам стохастического процесса; в минимуме – к отрицательным. Таким образом, происходила модуляция вероятности перехода бистабильной системы из одного состояния в другое.

Бистабильная система, подверженная стохастическому воздействию, может быть охарактеризована таким параметром, как частота Крамерса – частота перехода системы из одного состояния в другое. Наиболее сильная кооперация между стохастической и гармонической составляющими наблюдалась при совпадении частоты гармонической составляющей с частотой Крамерса. Моменты перехода бистабильной системы определялись выбросами шумовой энергии и коррелировались энергией слабого гармонического сигнала. Так как энергия сигнала была значительно меньше энергии шума, то коррелированная энергия шума превышала энергию управляющего сигнала.

В результате такого взаимодействия на выходе бистабильной системы получался усиленный шумом гармонический сигнал. В такой системе при уменьшении интенсивности шума соотношение сигнал-шум не увеличивалось, а наоборот уменьшалось. Рост соотношения сигнал-шум наблюдали при увеличении интенсивности шума, так что проявлялся своего рода стохастический резонанс. Поэтому явление усиления полезного сигнала шумовой энергией в бистабильной системе получило название стохастического резонанса.

Обнаружение этого явления инициировало целый ряд исследований. Его отмечали в самых разнообразных искусственных и естественных системах: в изменении климата Земли по законам стохастического резонанса [4], в биологических процессах, протекающих в механорецепторной клетке речного рака [5], и др.

Сходство в механизме действия триггера Шмитта и механорецепторной клетки рака (*Procambarus clarkii*) натолкнуло Френка Мосса и соавторов [5] на проведение исследований. Они механически возбуждали водную среду, в которую было помещено нервное окончание рака, двумя источниками сигнала: гармоническим и стохастическим. Снимая спайковую последовательность импульсов с нервного окончания и анализируя ее спектр, авторы выяснили, что чувствительность природного датчика намного превышает технические аналоги. Объяснить этот феномен оказалось возможным на основе теории стохастического резонанса.

Информация о внешнесредовом воздействии оказалась зашифрованной в межимпульсных интервалах. В результате подобного преобразования информации нейросистема рака произвела эффективную фильтрацию полезного сигнала. Это позволило предположить, что информация, передаваемая в центральную нервную систему биологического объекта, имеет статистический характер.

Данное предположение подтверждается результатами исследования, проведенного авторами работы [6]. Предметом их наблюдения стали осцилляции потенциала на мембране сенсорной клетки акулы (*Scyliorhinus canicula*). Нервное окончание подвергалось постоянному термическому воздействию. Наблюдаемая реализация спайковой последовательности оказалась случайной. Информация об интенсивности термического воздействия наблюдалась в таком параметре, как средняя величина межимпульсных интервалов. Авторы отметили конструктивную роль шума в передаче информации по нервной системе.

При исследовании шумового потока в трансмембранном ионном канале была выявлена зависимость интенсивности шума от кислотности в канале [7]. Оптимальному значению pH соответствовала максимальная интенсивность шума. При уменьшении или увеличении кислотности, по сравнению с оптимальным значением, шумовой поток уменьшался.

Таким образом, можно сделать вывод, что если шум не способствует самоорганизационным процессам в нервных системах, то принимает активное участие в преобразовании и транспортировке информации.

Конструктивная роль шума может проявляться и в процессах самоорганизации сложных систем. Так, в работе [8] обсуждаются энергетические законы, описываемые спектром мощности с показателем степени, близким к единице ($1/f$ подобный спектр), в корковых и подкорковых структурах головного мозга, связанные со специфическими поведенческими состояниями животных. Фликкер-спектр регистрировался в момент принятия животным решения. Авторы выразили предположение, что $1/f$ подобный спектр коры головного мозга может определять степень мозговой самоорганизации в поведенческих ситуациях.

Источником конструктивного шума может быть энергетическая динамика водной среды. Процессы диссоциации и ассоциации водных кластеров происходят при преодолении энергетических биопотенциальных барьеров системы. Внешнесредовая и внутрисредовая аномалии (ритмы) могут таким путем менять структурированность воды в биосреде (т.е. ее pH). Энергоносителями, вероятно, могут быть кванты КВЧ [9].

Обобщая полученные в работах [1–9] теоретические и практические результаты, можно сформулировать следующую задачу:

- проверить, действительно ли шум может выступать конструктивным параметром при самоорганизации;
- провести исследование на основе модели наиболее адекватной для всех описанных выше сред;
- используемая модель должна быть не сложной, а процессы, протекающие в ней, максимально простыми;
- проверить гипотезу о том, что самоорганизационный процесс сопровождается появлением фликкер-спектра.

2. Описание математической модели стохастической нейронной сети

В качестве математической модели выберем сеть активных клеточных автоматов. В 1946 г. Н. Винер и А. Розенблют [10] предложили простую модель, позволяющую исследовать различные режимы распространения возбуждения по однородной нейронной сети (со связями лишь между соседними элементами). Возьмем ее за основу, модифицировав согласно нашей задаче (рис.1).

В случае стохастической нейронной сети среда представляет собой совокупность отдельных элементов, способных находиться в одном из двух состояний. Будучи приведенным в одно из состояний, элемент может пребывать в нем сколь угодно долго, пока внешние силы не нарушат его. В роли внешней силы выступает случайный процесс, который характеризуется интенсивностью или пропорциональной ей дисперсией. Таким образом, в отличие от динамической модели Винера–Розенблута сконструированная нами модель абсолютно статична. Этот факт позволит упростить процессы, протекающие в сети, что сделает их более наглядными.

Перейдем к рассмотрению стохастической модели нейронной сети. Двухмерная сеть образована элементами, нумеруемыми парой целых индексов n и m .

Состояние каждого элемента $\phi_{n,m}^t$ определяется соотношением двух величин: порогом возбуждения элемента $h_{n,m}^t$ и текущим значением случайного процесса $\xi_{n,m}^t$; верхний импульс t указывает на дискретный момент времени (номер временного отчета).

Нормально распределенная случайная величина с нулевым математическим ожиданием и заданной дисперсией s определяется зависимостью

$$\xi_i = \sqrt{-2\sigma^2 \ln(1-x_i)} \cos(2\pi x_i), \quad (1)$$

где x_i – равномерно распределенная, на интервале от нуля до единицы, случайная величина.

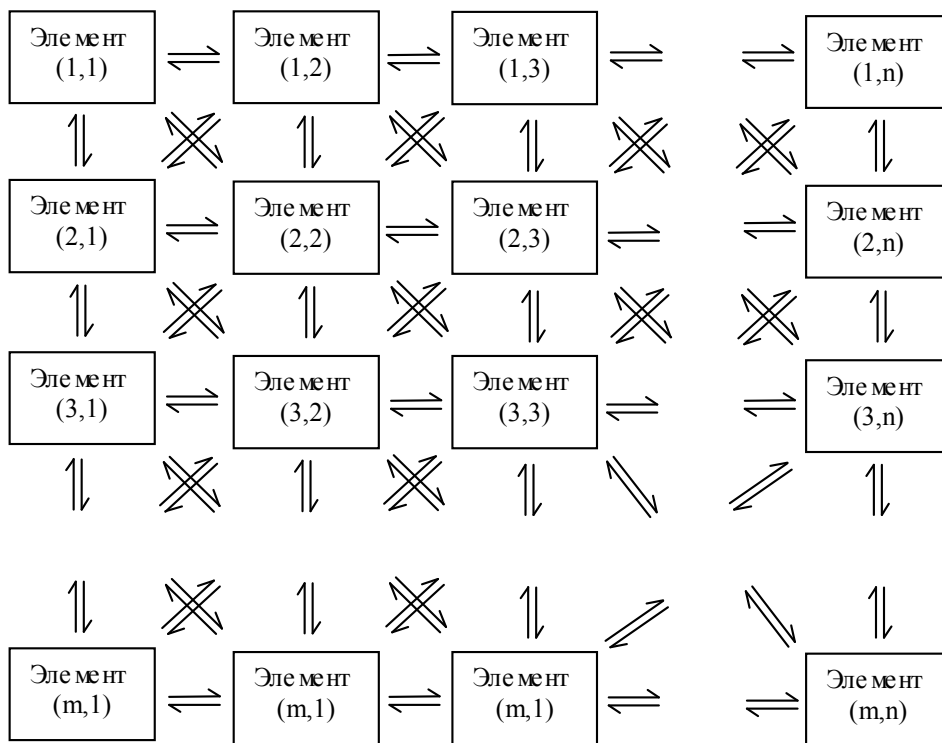


Рис. 1. Структурная схема однородной нейронной сети

Величина ξ_i распределена по закону Гаусса:

$$W_{\xi}(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\xi^2/2\sigma^2}. \quad (2)$$

Переходы между состояниями осуществляются согласно следующему набору правил:

$$\phi_{n,m}^{t+1} = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_{n,m}^t > h_{n,m}^t, \\ -1, & \text{если } \xi_{n,m}^t < -h_{n,m}^t. \end{cases} \quad (3)$$

Переменная $\phi_{n,m}^t$ имеет смысл фазы элемента, находящегося в узле (n, m) , в момент времени t . Согласно (3) переход элемента из одного состояния в другое происходит при превышении величиной $\xi_{n,m}^t$ порога $h_{n,m}^t$. Этот алгоритм соответствует механизму, положенному в основу действия триггера Шмитта. Величина порога возбуждения определяется двумя факторами: собственным порогом возбуждения элемента ($h=2$) и приращением, которое зависит от связи этого элемента с соседними.

Суммарный порог определяется выражением

$$h_{n,m}^t = 2 \sum_{i,j=1}^1 \phi_{n,m}^t C_{m+j}^{n+i}, \quad (4)$$

где C_{m+j}^{n+i} – коэффициенты связи с соседними элементами, а множитель 2 служит для того, чтобы при стопроцентной связи возбуждение однозначно передавалось на соседние элементы. Коэффициенты C_{m+j}^{n+i} могут быть одинаковыми или различными. В нашей модели боковая связь (когда i или j равны нулю) между элементами в два раза больше, чем

угловая (когда i и j не равны нулю). Коэффициент связи элемента самого с собой равен единице. Он представляет собственный порог возбуждения элемента.

Предложенная модель достаточно проста. Базируясь на общеизвестной модели, она приобретает ее универсальный характер. Изменения, внесенные нами, не нарушают общность описания, так как элементы любой реальной физической системы подвержены воздействию по крайней мере тепловых шумов, а в случае нервной системы биологического объекта шумы создаются специально и являются нормой жизнедеятельности.

Активность сети обеспечивается лишь случайным процессом. В отличие от явления стохастического резонанса, где все-таки имел место хотя не большой, но и не нулевой управляющий детерминированный сигнал, в нашем случае управление шумом отсутствует вовсе.

3. Экспериментальная часть

Рассмотрим самоорганизационные процессы в модели однородной нейронной сети (со связями между соседними нейронами). Сеть состоит из 10 000 элементов, каждый из которых может находиться в одном из двух состояний.

Программа численного моделирования нейронной сети написана на языке Pascal. Проводилось три типа исследований для различных степеней взаимосвязи между элементами сети:

- слабая связь (боковая 0,07, угловая 0,04);
- умеренная связь (боковая 0,15, угловая 0,08);
- сильная связь (боковая 0,3, угловая 0,16).

Под боковой связью следует понимать коэффициент взаимосвязи между соседними боковыми, верхним и нижним элементами. Под угловой связью подразумевается коэффициент взаимосвязи между четырьмя диагональными элементами.

Для каждого типа исследований были получены серии карт в зависимости от дисперсии случайного процесса, поступающего на каждый элемент нейронной сети.

Каждая серия состояла из 600 этапов наблюдения, представленных в виде карт. Этап наблюдения представляет собой фиксацию состояния сети после каждого изменения. Для сравнительного анализа были выбраны 10-й, 50-й, 100-й, 300-й и 600-й этапы.

Целью экспериментальной части является демонстрация возможности возникновения самоорганизационных процессов в однородной среде, в элементах

которой присутствуют только случайные шумоподобные компоненты. Подобной ситуации соответствуют многие физические процессы. Они могут иметь отношение к процессам, протекающим как в физических, так и в биологических средах. Проверить правильность наших предположений можно лишь в результате физического натурального эксперимента. Мы же ограничились численным экспериментом, результаты которого, на наш взгляд, достаточно своеобразны и могут подсказать дальнейшее направление поиска причин и механизма такого феномена.

Проанализируем динамические процессы однородной нейронной среды для трех различных случаев, которые отражают основные моменты процесса самоорганизации. Во всех трех случаях рассматривалась зависимость процесса самоорганизации от интенсивности шума (дисперсии случайного процесса).

В первом случае (рис. 2) была рассмотрена сеть со слабой связью.

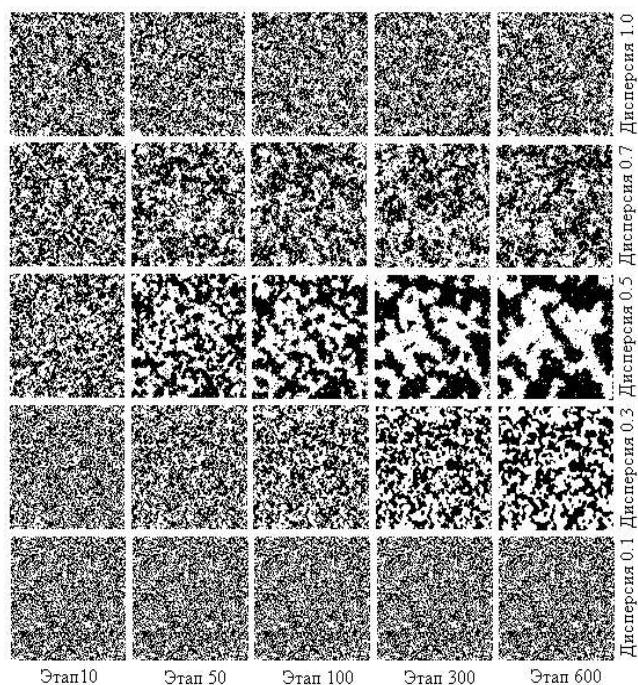


Рис. 2. Серия карт стохастической нейронной сети, полученной при боковой связи 0,07 и угловой 0,04 (режим слабой связи)

Анализ динамики поведения сети показывает существование оптимальной интенсивности шума, при которой процесс самоорганизации наиболее эффективен. При отклонениях от этой оптимальной интенсивности процесс самоорганизации либо замедляется с все возрастающей скоростью (при уменьшении интенсивности шума), что делает его в конце концов просто невозможным, либо полностью утрачивает способность к образованию локальных неоднородностей (при увеличении интенсивности шума).

Во втором случае (рис. 3), который продемонстрирован наиболее подробно, была рассмотрена сеть с умеренной связью. Здесь также наблюдается выделение некоторой оптимальной интенсивности шума, однако значение последней несколько увеличилось

(от 0,5 до 0,7). В случае слабой связи, при дисперсии 0,7, процесс самоорганизации не реализовался. Кроме того, скорость объединения локальных неоднородностей в глобальные – выше при умеренной связи. Интересная особенность самоорганизации проявляется при интенсивности шума 0,3. Она справедлива как для слабой связи, так и для умеренной, она же сохраняется и для сильной связи, которая будет рассмотрена ниже. Этой интенсивности шума соответствует режим уменьшения скорости самооргани-

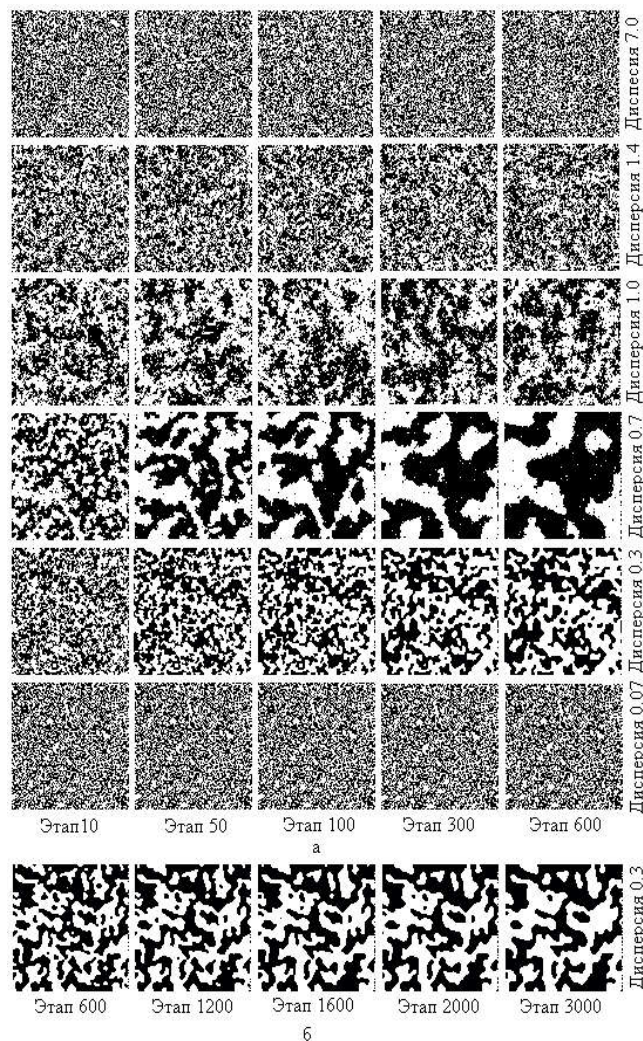


Рис. 3. Серия карт стохастической нейронной сети, полученной при боковой связи 0,15 и угловой 0,08 (режим умеренной связи):

а – основная серия; б – продолжение эксперимента для дисперсии 0,3

зационного процесса, что демонстрируется дополнительной серией наблюдений до 3000 этапа.

Так, 300-му этапу с дисперсией 0,3 соответствует 10-й этап с дисперсией 0,7, а 3000-му этапу с дисперсией 0,3 соответствует этап, находящийся где-то между 50-м и 100-м этапом с дисперсией 0,7. Это свидетельствует о том, что неоднородности, вызываемые этим шумом, более гладкие, что нормально для небольшой интенсивности шума. Кроме того, для данной интенсивности шума (0,3) возникающие локальные неоднородности чрезвычайно детализированы, что отличает их от частично разорванных,

частично размытых "пылевым" окружением неоднородностей при оптимальной интенсивности.

Третий случай (рис. 4) соответствует режиму сильной связи, где наблюдается не только смещение, но и увеличение диапазона значений оптимальной интенсивности шума, при которых возможна реализация самоорганизации. В случае, когда интенсивность шума выше оптимальной, предыдущие режимы демонстрировали лишь распад процесса самоорганизации. В этом режиме процесс самоорганизации не распался при интенсивности шума 1,4, а приобрел новое, более динамичное поведение. Это частично связано с причиной, которая будет обсуждаться ниже. Если во всех предыдущих случаях система эволюционировала более-менее в конкретном, определенном направлении, то в этом случае особенно заметно влияние случайных факторов на процесс ее эволюции, и это при условии, что самоорганизация, как таковая, не распалась.

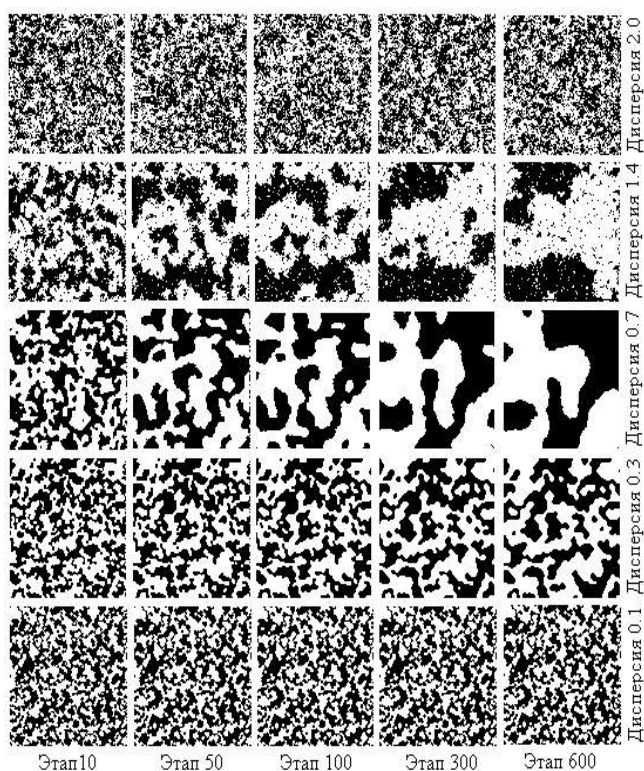


Рис. 4. Серия карт стохастической нейронной сети, полученной при боковой связи 0,3 и угловой 0,16 (режим сильной связи)

В режиме сильной связи можно было при небольшой коррекции статической нейронной сети (ввести возможность однозначного перевода элемента сети из одного состояния в другое при превышении основного порога) перейти к более динамическому прототипу, который бы, по всей видимости, обладал

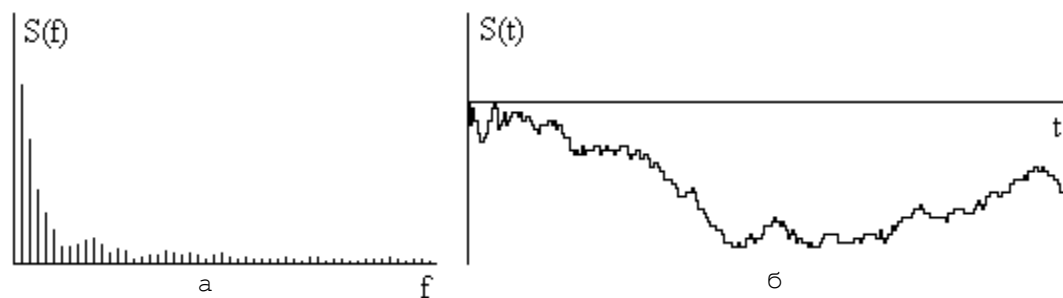


Рис. 5. Динамические характеристики стохастической нейронной сети: а - временная реализация; б - частотная реализация

определенными дополнительными свойствами, что несомненно усложнило бы и возможно качественно изменило наблюдаемую нами картину. В нашем эксперименте мы намеренно отказались от такой возможности, чтобы не нарушать последовательность изложения. Также следует отметить, что предельным случаем увеличения связи является детерминированный аналог нейронной сети, который достаточно хорошо известен и изучен в рамках кибернетики (модель персептрона).

Отметим некоторые особенности, присущие всем трем случаям взаимосвязи между элементами. Одной из таких особенностей может быть статичность процесса при малых интенсивностях шума. Однако этот процесс не полностью статичен, как может показаться на первый взгляд. Если обратить внимание на изменения изображений на различных этапах эволюции системы, то можно отметить полное отсутствие последних. На самом деле это не так. Особенно хорошо это заметно в режиме сильной связи.

Система произвольна в выборе пути развития лишь на первых этапах. Эта особенность характерна для каждого из перечисленных выше режимов. Только в этом случае, в отличие от статичности процесса при малых интенсивностях, наблюдается эффект эволюционного развития локальных неоднородностей, которые успели сформироваться до 10-го, 50-го этапов. Таким образом, проявляется преемственность между предыдущей и последующими реализациями. Поэтому несмотря на то, что системой управляют только случайные факторы, на самом деле ее поведение случайно только на первых этапах, а затем система вынуждена развиваться согласно сформированной установке.

При анализе поэтапного развития нейронной сети можно заметить уже на 10-50 этапе основные элементы фрагментов, которые будут образованы только на 300-600 этапах. Рассмотрим вопрос о динамиках, которые сопровождают процесс самоорганизации. Для примера рассмотрим временную и частотную реализации такой динамики (рис. 5).

Ее временная реализация $S(t)$ отображает соотношение между возбужденными и невозбужденными нейронами сети, ограниченными произвольной областью размерностью 10×10 элементов.

При анализе временной реализации можно заметить следующие закономерности. В течение первых десяти этапов в нейронной сети происходят сильные изменения, что выражено в быстром росте сигнала на графике. После этого наступает период относительной стабилизации, который наблюдается до конца реализации. На данном интервале характеристика

постоянно изменяется, но эти изменения не столь существенны, как на первых этапах. Кроме того, при анализе спектра такой реализации мы видим закон, который может быть хорошо аппроксимирован следующей зависимостью:

$$S(f) = \beta e^{-\alpha f}, \quad (5)$$

т.е. фликкерной зависимостью, что предполагает вложенность разных по масштабам динамик.

На протяжении первых этапов эволюции процессов в нейронной сети преобладают быстрые динамики, которые, как правило, имеют равномерный спектр. Через некоторое время в результате самоорганизации отдельных случайных образований намечается процесс формирования локальных неоднородностей, которые формируют медленно меняющуюся компоненту. Далее можно наблюдать процесс объединения теперь уже локальных неоднородностей в глобальные структурные образования. При этом интегрирующие процессы сопровождаются незначительными, но все-таки не нулевыми случайными флуктуациями. Таким образом, даже в таком несложном самоорганизационном процессе можно наблюдать своеобразную иерархию динамик.

4. Заключение

В численном эксперименте были выявлены оптимальные параметры, при которых в однородной нейронной сети формируется группа локальных и глобальных неоднородностей. Этот феномен самоорганизации качественно отличается от ставшего классическим примером самоорганизационного процесса – реакции Белоусова-Жаботинского. Несмотря на некое сходство моделей, в рамках которых можно наблюдать самоорганизационные процессы (в нашем случае используется стохастическая нейронная сеть; в случае реакции Белоусова-Жаботинского – детерминированная), природа их существенно отличается. В проведенном эксперименте можно наблюдать, как шум выступает в роли конструктивного фактора. Заслуживает внимания тот факт, что синергетический процесс, протекающий в средах, подобных рассмотренным, чувствителен к слабым воздействиям на первых этапах, и что он может быть иницирован случайными шумоподобными факторами.

В качестве примера практического применения рассмотренной модели может служить описание процессов, протекающих в жидкокристаллических средах, как живой, так и неживой природы.

Литература: 1. McNamara B., Wiesenfeld K. Theory of stochastic resonance // Phys. Rev. A. 1989. Vol. 39, №9. P. 4854–4869. 2. Анищенко В.С., Нейман А.Б. Стохастический резонанс при многочастотном воздействии // Радиотехника и электроника. 1994. № 8–9. С. 1380–1392. 3. Анищенко В.С., Постнов Д.Э. Использование стохастического резонанса для повышения отношения сигнал/шум в радиотехнических системах // Радиотехника и электроника. 1994. №12. С. 2004–2014. 4. Benzi R., Sutera A., Vulpiani A. // J. Phys. 1981. Vol. 14A. P. 453. 5. Douglass J.K., Wilken L.A., Pantazidou E. and Moss F. Noise enhancement of information transfer in crayfish mechanoreceptors by stochastic resonance // Letters to Nature. 1993. Vol. 365. P. 337–340. 6. Braun H.A., Wissing H., Schafer K., Hirsch M.C. Oscillation and noise determine signal transduction in shark multimodal sensory cells // Letters to Nature. 1994. Vol. 367. P. 270–273. 7. Bezrukov S.M. and Kasianowicz J.J. Current noise reveals protonation kinetics and number of ionizable sites in an open protein ion channel // Phys. Rev. Lett. 1993. Vol. 70, №15. P. 2352–2356. 8. Anderson C.M., Holroyd T., Bressler S.L., Seiz K.A., Mandel A.J., Nakamura R. 1/F-like spectra in cortical and subcortical brain structures: a possible marker of behavioral state dependent selforganization // American Institute of Physics. 1993. P. 737–740. 9. Лагутин М.Ф., Басецкий В.Л. К вопросу о КВЧ биоэлектронике и терапии // 3-я международная конференция "Теория и техника передачи, приема и обработки информации". 1997. 310 с. 10. Винер Н., Розенблют А. // Кибернетический сб. Вып. 3. М.: ИЛ. 1961. 344 с.

Поступила в редколлегию 06.10.98

Рецензент: доктор технических наук Стрелков А.И.

Лагутин Михаил Федорович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой генерирования и формирования сигналов ХТУРЭ. Научные интересы: исследование динамики околоземной воздушной среды радио и лазерными дистанционными методами зондирования примесей атмосферы. Адрес: Украина, 310726, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-44.

Огиенко Александр Александрович, аспирант кафедры генерирования и формирования сигналов ХТУРЭ. Адрес: Украина, 310726, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-44, 11-43-59.

УДК 519.246:616.22

МОДЕЛЬ ГОЛОСНОГО ЗВУКУ ЯК ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ В ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ СТАНУ

ЧОРНА Л.Б.

Розглядається математична модель голосних звуків як періодично корельований процес при розпізнаванні функціонального стану серцевої системи за акустичними сигналами. Обґрунтовується вибір такої моделі. Доводиться, що зі зміною серцевого ритму змінюється й період основного тону сигналу голосних звуків.

1. Вступ

В ситуаціях, коли прямими методами з різних причин неможливо виміряти параметри системи, носієм інформації про таку систему є вихідний сигнал. В теорії інформаційно-вимірковальних систем сформувався важливий напрямок навколо поняття сигналу як носія даних. Сигнали вивчають для широкого кола задач: виявлення, виділення й оцінювання характеристик, розпізнавання стану, класифікації, прийняття рішень, урахування при цьому дії на системи флуктуацій, шумів і завад, а також процеси і явища в різних за природою об'єктах, системах і середовищах, у тому числі й у біооб'єктах.

Сигнал трактують як виниклий у вигляді спонтанного або ж стимульованого випромінювання, що поширюється від досліджуваного об'єкту, фізичний процес, який є засобом перенесення у просторі або часі (окремо чи в одному і другому водночас) відомостей про цей об'єкт чи явище в ньому. Ці