

УДК 004.031

## МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шокин Ян Вячеславович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики Факультета экономики и управления Международного университета природы, общества и человека «Дубна»

### Аннотация

*В данной статье проводится критический анализ основных элементов адаптивных систем управления применительно к социально-экономическим системам. Предлагается классификация основных групп хозяйствующих субъектов, построенная по принципу различия в функциональной роли каждой из групп. Строится методика адаптивного управления социально-экономическими системами, основанная на применении нейропроцессорных технологий, связанных с изменением эффективности функционирования отдельных её элементов.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система, системный анализ, адаптивное управление, социально-экономическая система, нейропроцессинг, эффективность, хозяйствующий субъект.

## THE METHODS OF THE ADPTIVE MANAGEMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS WITH THE USE OF NEUROPROCESSOR TECHNOLOGIES

Yan Shokin, Candidate of Economic Science, Associate Professor at the economics department at the Economics and Management Faculty, International University of Nature, Society and Man "Dubna"

### Abstract

*In the article some basic elements of adaptive management systems are analysed in respect to socio-economic systems. The classification of the basic groups of economic entities is proposed based on the principle of the different functional role of each group. The methods of adaptive management of socio-economic systems are developed based on the application of some neuroprocessor technologies connected with changing the functional efficiency of the separate elements.*

KEY WORDS: system, system analysis, adaptive management, socio-economic system, neuroprocessing, efficiency, economic entity.

Под адаптацией в науке в широком смысле слова принято понимать процесс приспособления системы к изменению некоторых внешних условий [8]. Например, в кибернетике данный термин используют, чтобы определить накопление и использование информации для достижения оптимального в некотором смысле состояния или поведения системы при начальной неопределённости в изменяющихся внешних условиях [8]. Соответственно, под адаптивным управлением некоторой системой следует понимать управление в системе с неполной изначальной информацией об управляемом процессе, которое обладает возможностью корректироваться по мере накопления информации и применяется для улучшения качества работы системы.

Нет необходимости специально доказывать тот факт, что особую актуальность применение методов адаптивного управления приобретает применительно к социально-экономическим системам, поскольку именно для систем этого класса характерны чрезвычайно большое количество внешних факторов и достаточно высокая степень изменчивости предпочтений объектов управления. Основная трудность для анализа подобных систем заключается в том, что их динамическое поведение во многом (если не полностью) детерминировано мотивационными и другими психологическими особенностями элементов систем, поскольку в качестве таких элементов выступают живые люди. Учёные-экономисты давно знакомы с проблемой затруднительности выявления предпочтений хозяйствующих субъектов при помощи методов статистического анализа, даже в том случае, когда предпочтения проявляются в полностью рациональном и осознанном выборе. Если же учесть наличие возможности интуитивного, плохо формализуемого выбора, становится очевидным, что прогнозировать поведение подобных систем превращается в задачу повышенной сложности.

В отношении вышеуказанных систем адаптивность управляющего воздействия подразумевает динамическое приспособление регуляторов (объектов управления) к перманентным изменениям экзогенных параметров, влияющих на эффективность функционирования системы. Проблеме регуляторов будет уделено внимание ниже в настоящей статье, с учётом того обстоятельства, что их параметры, оптимальные для одного комплекса значений экзогенных факторов, становятся неэффективными при изменении последних.

Проблемам адаптивного управления посвящены труды многих известных ученых, в частности А.А.Богданова, В.С.Ефремова, М.В.Мельникова, П.Друкера, А.Чандлера, П.Сенге, Ф.Котлера, И.Ансоффа. Несмотря на значительный объём исследований, затрагивающих различные аспекты управления во всех сферах человеческой деятельности [1, 2, 9, 10], многие теоретические и практические вопросы в области данной проблемы требуют дополнительного изучения. В связи с этим актуальной представляется разработка методологии, призванной в наибольшей возможной степени использовать преимущества современных методов управления (в том числе адаптивного) и прорывных информационных технологий для решения ряда практических задач в области функционирования социально-экономических систем.

### **Сетевой принцип построения социально-экономических систем**

В целях наиболее эффективного применения методов адаптивного управления к социально-экономическим системам можно предложить классификацию элементов подобных систем, в основу которой положено уподобление их некоторой сети объектов.

Данный подход применим по двум основным причинам: 1) он отражает реально наблюдаемое распределение функций элементов хозяйственных систем, основанное на их различной роли в процессе создания и преобразования стоимости благ; 2) он позволяет использовать для анализа поведения хозяйственных систем современные нейропроцессорные технологии.

Нейронная сеть, как и любая другая сеть, состоит из элементов, принадлежащих к двум принципиально различающимся типам, а именно: из определённых узлов и из каналов передачи сигналов от одного узла к другому. В случае социально-экономических систем роль сигналов о состоянии сети и отдельных её элементов играют цены различного рода (оптовые и розничные, процентные ставки, ставки оплаты труда, курсы валют и ценных бумаг, ставки налогообложения); роль же узлов обработки сигналов и каналов их передачи в конечном счёте (пусть и при посредничестве самых разнообразных технических и вычислительных устройств) выполняют хозяйствующие субъекты в лице принимающих решения от их имени людей. Несмотря на то, что к концу XX века сформировался целый комплекс концепций, описывающих принципы принятия решений, затрагивающих каким-то образом интересы определённой системы [14-17]<sup>1</sup>, тем не менее, для исследователей каждый подобный узел представляет собой самостоятельную мини-систему, функционирующую по принципу «чёрного ящика». В связи с этим при анализе и прогнозировании поведения данных систем необходимо заострить внимание на функциональной классификации элементов сетей, понимаемых вышеописанным образом, поскольку это должно обеспечить исследователей информацией относительно способов регулирования ключевых параметров подобных систем при использовании методов адаптивного управления.

### **Функциональная классификация элементов сетевых социально-экономических систем**

В случае социально-экономических систем узлы рассматриваемой сети бывают двух принципиально различающихся между собой видов:

---

<sup>1</sup> В первую очередь среди подобных подходов следует выделить концепцию «ограниченной рациональности» Г.Саймона, концепцию «субстантивной рациональности» М.Вебера и «поведенческую экономику» («behavioral economics»), основные положения которой разрабатывались Д.Кэнеманом, А.Тверски, Д.Ариэли.

1. **Базовые или корневые узлы**, выполняющие функцию связи сетевой системы с другими аналогичными системами и с внешней средой посредством передачи системе определённых сигналов; в экономическом смысле поступление данных сигналов означает создание образов новых благ и, соответственно, предпосылок для производства благ, ранее отсутствовавших в системе.

Такой сигнал, в частности, может воплотиться в новом товаре, но может проявляться и в технологии, или в свойстве товара, элементе его дизайна, или в научном открытии – одним словом, в любом благе, которое потенциально может стать экономическим, то есть за которое другие люди согласятся платить; сигналом для рынка является появление подобного блага в открытом обороте.

2. **Транзитные узлы**, выполняющие функцию обработки и дальнейшей передачи сигналов, полученных системой посредством корневых узлов; в экономическом смысле данной функции соответствует рутинная, ремесленная работа людей, неспособных создавать образы новых благ и потому берущихся тиражировать образы, созданные с помощью корневых узлов.

Помимо узлов двух разновидностей, сетевые системы содержат в себе также третий тип элементов – **каналы транслирования сигналов** внутри сети от корневых узлов к транзитным и далее между транзитными узлами. Для данного типа элементов имеет смысл провести аналогию с распределительными институтами в экономике, к числу которых следует отнести фискальную систему, бюджетную систему, банковскую систему, фондовый и валютный рынки.

Применение данной классификации в первую очередь может быть полезно при анализе поведения социально-экономических систем тем, что оно позволяет идентифицировать наличие трех принципиально различающихся типов мотивационного поведения хозяйствующих субъектов и их ЛПР; логично предположить, что какой-то один из вышеуказанных типов всю жизнь доминирует в деятельности конкретного человека, будучи однажды им избранным. Кроме того, проявляется необходимость разработки функциональной классификации типов хозяйственной деятельности по признаку принадлежности к одной из трёх вышеописанных групп, поскольку с ее помощью мы можем наглядно описывать принципиально различные проявления в системе экономического интереса: так, представители первой группы (выполняющие функцию базовых узлов сети) в результате затрат своих усилий создают новые образные (сигнальные) модели, по которым затем представители второй группы (выполняющие функцию транзитных узлов сети)

создают и тиражируют конкретные материальные воплощения; представители же третьей группы ответственны за создание и поддержание в исправном состоянии каналов передачи (существующих в экономике в виде фондов различного назначения) носителей стоимости первых двух групп.

Таким образом, можно теперь четко сформулировать различия в мотивационных функциях трех вышеописанных типов узлов сетевых социально-экономических систем:

- группа «корневых узлов» приносит в систему, которую ее конкретные представители считают для себя релевантной (то есть устойчиво воспринимают себя её элементом), новый экономический интерес извне в виде идеальных образов (сигналов) потенциальных благ (как материальных, так и нематериальных);
- представители группы «транзитных узлов» служат субъектами трансформирования данного интереса в создаваемые и размножаемые блага и затем – к другим элементам сетевой системы и, возможно – к другим системам;
- группа «каналов транслирования» обеспечивает бесперебойное функционирование вышеозначенных каналов между корневыми и транзитными узлами в пределах релевантной сетевой системы.

Описав мотивационные функции всех выделенных типов необходимо в качестве следующего шага разработать методику анализа зависимости между взаимными пропорциями каждого их трех данных типов в той или иной социально-экономической системе и показателями эффективности функционирования данной системы. При такой постановке вопроса совершенно очевидно, что эффективность напрямую детерминируется подобными пропорциями; так, если в системе слишком велика доля первой группы, то представители второй группы окажутся не в состоянии воплотить весь мотивационный потенциал системы, а представители третьей группы не смогут поддерживать необходимой «пропускной способности» потоков стоимости. Напротив, деятельность представителей третьей группы оказывается избыточной и энергетически неоправданной, если «корневых узлов» и «транзитных узлов» в системе слишком мало.

Логично предположить, что каждому типу социально-экономической системы (частному малому предприятию, крупному бюджетному предприятию, городской агломерации, градообразующему предприятию, страховой компании, банку и тому подобное) должен соответствовать свой набор оптимальных пропорций вышеописанных групп с точки зрения наибольшей эффективности деятельности. Выявление подобных

пропорций для различных видов экономических систем составляет задачу отдельного статистического исследования.

Решение данной задачи, как представляется, может быть получено наиболее эффективно с помощью различных методов кластеризации исходного массива данных, под которым в данном случае следует понимать детально сгруппированную по видам деятельности численность населения отдельной страны или региона. Первичная группировка по традиционным видам человеческой деятельности производится самими статистическими органами, подготавливающими и публикующими данную информацию; вторичную группировку необходимо произвести исследователю, основываясь на логических выводах из теоретического базиса описываемой методики. При этом к каждой из трех вышеописанных групп необходимо в первую очередь относить те виды деятельности, которые заведомо подразумевают принадлежность к одной из данных групп; к примеру, очевидно, что рядовые работники любой хозяйственной сферы (в отличие от управленческого персонала, который теоретически может относиться к любой из групп), скорее всего, будут принадлежать к группе «транзитного» типа, в то время как представители творческих профессий (кинорежиссеры, сценаристы, художники, музыканты) вероятнее всего должны быть отнесены к категории «корневого» типа.

При всем вышесказанном необходимо сделать важную оговорку: количество людей, отнесенное к каждой из данных групп, совершенно необязательно должно совпадать с количеством людей в исходном массиве данных. Причиной этого обстоятельства является то, что каждый отдельно взятый индивид может с полным правом относиться к нескольким группам одновременно; так, при выполнении своих должностных обязанностей человек может выступать в качестве чиновника, но это не мешает ему параллельно держать свой собственный бизнес или заниматься творчеством, а на свободные деньги участвовать в спекулятивных операциях на фондовом рынке. Причем важно подчеркнуть, что с точки зрения системного подхода не имеет особого смысла выявлять некоторую доминирующую черту в поведении подобного индивида, ибо хозяйственная система, в которой он функционирует, испытывает на себе воздействие его деятельности во всех ипостасях. Справедливости ради следует заметить, что в современном обществе все же имеет место ярко выраженная «специализация» хозяйствующих субъектов, и индивиды, относимые одновременно ко всем трем группам, скорее являются исключением, чем правилом.

Следующим этапом кластеризации численности населения по функциональному признаку должно стать формулирование комплекса критериев, позволяющих уточнить

принадлежность индивида к той или иной группе по сравнению со вторичной, логической группировкой. Основными критериями при этом должны стать такие сугубо качественные параметры, как занимаемая должность, вид выполняемой работы, тип потребительского поведения, а также количественный параметр – величина среднегодового дохода до налогообложения. Подобная статистика (кроме последнего показателя) отсутствует в масштабах РФ, однако может быть доступной по менее крупным хозяйственным системам (городам, корпорациям, потребительским обществам и тому подобное). Не будучи способны содействовать точной группировке исследуемой совокупности по отдельности, на пересечении областей значений такие параметры в своем единстве могут создать некоторую информативную систему данных.

Напомним, что алгоритм кластеризации в разрезе вышеописанных задач должен отвечать следующим двум принципиальным требованиям:

- не исключать возможности отнесения одного и того же человека к нескольким группам одновременно;
- в то же время исключить возможность двойного учета одного и того же человека, присутствующего в различных из анализируемых систем (к примеру, на двух местах работы, когда на обоих выполняются идентичные функции).

Предложим теперь вариант перечня (в алфавитном порядке) всех возможных видов человеческой деятельности, имеющих проявление в социально-экономической сфере, выделяя их принадлежность к той или иной группе элементов сети с точки зрения выполняемых ими в некоторой системе функций («I» – представители «корневой» группы, «II» – представители «транзитной» группы, «III» – представители группы «каналов транслирования») (табл. 1).

**Таблица 1 Функциональная классификация элементов сетевых социально-экономических систем**

<b>№ п/п</b>	<b>Вид человеческой деятельности</b>	<b>Соответствующая группа сетевых элементов</b>
1.	Благотворительность	(II)
2.	Государственная служба (в том числе в Центральном Банке как финансовом институте)	(III) <sup>2</sup>
3.	Домохозяйство	(II) <sup>3</sup>

<sup>2</sup>Важнейшим признаком «аккумуляторной» группы является создание и последующее распределение различного рода фондов.

<sup>3</sup>Бесспорно, что оно может быть источником генерирования новых образов, но этот процесс реализуется посредством участия его членов в научной деятельности, искусстве, бизнесе и так далее; само же по себе домохозяйство выполняет транзитную функцию, причем передача сигналов сети в данном случае отражает трудовые усилия, расходуемые в пределах самого домохозяйства как относительно замкнутой социально-экономической системы.

Продолжение Таблицы 1

№ п/п	Вид человеческой деятельности	Соответствующая группа сетевых элементов
4.	Искусство	(I)
5.	Медицина	(I) <sup>4</sup>
6.	Наемная работа	(II) <sup>5</sup>
7.	Наука и изобретательство	(I)
8.	Образование	(II)
9.	Политика	(I)
10.	Предпринимательство (бизнес в целом)	(II, III)
11.	Религия	(I)
12.	Силловые структуры	(I)
13.	Спорт	(I)

При углубленном изучении данного перечня возникает явная необходимость детализировать группу «предпринимательство» на конкретные виды бизнеса; в частности, необходимо в составе данной группы выделить следующие подгруппы, различающиеся по выполняемой ими в сетевой системе функции:

- 10.1. Производственная деятельность (II)
- 10.2. Оказание услуг, выполнение работ (II)
- 10.3. Торговля (II)
- 10.4. Банковский сектор (III)
- 10.5. Страховой сектор (III)
- 10.6. Финансовый сектор (III)

В качестве конкретных задач, решение которых позволит продвинуть исследования в данной области, необходимо рассматривать следующее:

- выявление конкретного экономического содержания вышеописанных социально-экономических групп с помощью методов кластерного анализа;
- выявление типичных для каждой из групп мотивационных сценариев поведения;
- нахождение с помощью экономико-математических оптимизационных моделей вышеуказанных пропорций видов активности каждой из групп, наиболее эффективных с точки зрения сохранения и развития содержащей их сетевой системы;

<sup>4</sup> Данный вид деятельности предлагается отнести к этой группе потому, что в результате функционирования медицинских институтов решающим фактором их эффективности становится генерирование образа доверия к ним населения (либо, напротив, недоверия).

<sup>5</sup> В принципе, здесь не имеет большого значения, нанялся ли человек в государственную организацию (кроме функций чиновника) или в частную.



- определение ключевых факторов воздействия на параметры отдельных элементов сетевой системы различных видов с целью приведения вышеуказанных пропорций к наиболее эффективному значению.

Принципиально важным логическим следствием из вышеописанных теоретических построений является то, что каждый человек в течение своей жизни достаточно жёстко «закреплён» за одним (или несколькими) из видов деятельности, перечисленных в таблице 1. Это, в свою очередь, даёт основания полагать, что в относительно закрытой социально-экономической сетевой системе взаимные пропорции трёх рассматриваемых видов элементов сети должны оставаться стабильными в течение достаточно длительных периодов времени (исчисляемых годами, а, возможно, десятилетиями). Таким образом, возможность влияния управляющего субъекта на регуляторы<sup>6</sup>, обеспечивающие адаптивное управляющее воздействие на сетевую систему, сводится к контролю и стимулированию (в случае необходимости) экзогенных параметров системы. В первую очередь в случае социально-экономических систем речь идёт о регулировании миграционных процессов, целью которых становится стимулирование притоков и оттоков тех хозяйствующих субъектов, присутствие которых улучшает взаимные пропорции сетевых элементов I, II и III группы, и, соответственно, затормаживание притоков и оттоков противоположной направленности. Помимо этого остаётся возможным управляющее воздействие, направленное на эндогенное перераспределение сетевых элементов различных групп, что на практике может быть реализовано с помощью политики переподготовки кадров и в результате естественного рыночного перераспределения трудовых ресурсов.

### **Применение нейрокомпьютеров для анализа сетевых социально-экономических систем**

Нейронные сети чрезвычайно удобно использовать для исследований поведения социально-экономических систем, поскольку вычислительные процессы в подобных сетях имеют характер обучения и сама сеть обладает способностью распознавать те или иные тенденции и ситуации в динамике отдельных элементов анализируемой системы, а также обобщать их в виде показателей состояния и динамики системы в целом. Под обучением при этом понимается корректировка весов связей, в результате которой каждое входное воздействие приводит к формированию соответствующего выходного сигнала. После обучения сеть может применять полученные навыки к новым входным сигналам.

---

<sup>6</sup> В качестве регуляторов в подобных системах, очевидно, выступают взаимные пропорции сетевых элементов трёх вышеописанных видов

К числу несомненных преимуществ нейрокомпьютеров, позволяющих использовать их при решении задач подобного рода, можно отнести следующие:

- параллельная работа большого числа простых вычислительных устройств, что обеспечивает огромное быстродействие нейрокомпьютеров;
- нейронная сеть способна к обучению, которое осуществляется путем настройки параметров сети;
- высокая помехо- и отказоустойчивость нейронных сетей;
- простое строение отдельных нейронов позволяет использовать новые физические принципы обработки информации для аппаратных реализаций нейронных сетей.

Для упрощения работы нейронной сети на её входы следует подавать лишь предварительно агрегированные данные о совокупных результатах деятельности каждой из групп элементов сетевой системы; другими словами, решение задачи логической кластеризации элементов сетевой системы возлагается не на нейронную сеть, а на разработчиков эксперимента. Подобный подход не снизит качества получаемых результатов, поскольку классификация элементов сети, приведённая в таблице 1, является стандартной и не требует подгонки к условиям конкретной задачи.

На выходе нейронной сети должен формироваться образ состояния социально-экономической сетевой системы, выраженный в некоторой переменной, значения которой нормируются от нуля (кризисное состояние) до единицы (состояние устойчивого роста). Обучение сети должно производиться по схеме «обучения без учителя», то есть нейронная сеть в данном случае становится самоорганизующейся.

Автором при участии ряда коллег в настоящее время ведутся активные исследования в направлении решения вышеозначенных задач и практического применения получаемых результатов в сфере анализа макроэкономических пропорций общественного воспроизводства и прогнозирования некоторых финансовых макроэкономических показателей. Однако необходимо подчеркнуть, что практическая применимость описанной методики отнюдь не исчерпывается данной областью, в связи с чем в ближайшем будущем предполагается её применение, в частности, в следующих направлениях:

1. Для решения задач оптимизации пространственной структуры систем распределённых вычислений;
2. Для оптимизации параметров инфраструктуры вновь создаваемых и уже существующих наукоградов и свободных экономических зон технико-внедренческого типа;
3. Для оптимизации территориальной структуры сетевых торговых компаний.

### Литература

1. Барцев, С. И. Адаптивные сети обработки информации/С.И.Барцев, В.А.Охонин. – Красноярск: Институт физики СО АН СССР, 1986. – 20 с.
2. Брусин, В.А. Об управлении динамическими системами в условиях неопределённости//Соросовский образовательный журнал: вып. № 6, 1996. – с.115-121.
3. Вороновский, Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности/Г.К.Вороновский, К.В.Махотило, С.Н.Петрашев, С.А.Сергеев. — Харьков: ОСНОВА, 1997. – с. 112.
4. Галушкин, А. И. Синтез многослойных систем распознавания образов. – М.: Энергия, 1974.
5. Глинский, Б.А. Моделирование как метод научного исследования (гносеологический анализ)/Б.А.Глинский, Б.С.Грязнов, Б.С.Дынин, Е.П.Никитин. – М.: МГУ, 1965. – 248 с.
6. Кузнецов О.Л. Система природа-общество-человек: устойчивое развитие/О.Л.Кузнецов, П.Г.Кузнецов, Б.Е.Большаков. – Москва-Дубна: Ноосфера, 2000. – 392 с.
7. Мак-Каллок, У.С. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности/ У.С.Мак-Каллок, В.Питс//В сборнике «Автоматы»: под ред. К. Э.Шеннона, Дж.Маккарти. — М.: Иностранная литература, 1956. – с. 363-384.
8. Скурихин, В.И. Проектирование систем адаптивного управления производством/В.И.Скурихин, В.А.Забродский, Ю.В.Копейченко. – Харьков: Вища школа, 1984.
9. Уидроу Б. Адаптивная обработка сигналов/Б.Уидроу, С.Стирнс. – М.: Радио и связь, 1989. – 440 с.
10. Фомин, В.Н. Адаптивное управление динамическими объектами. – М.: Наука, 1981.
11. Фомин, В.Н. Математическая теория обучаемых опознающих систем. – Л.: ЛГУ, 1976.
12. Шокин, Я.В. К вопросу построения модели универсальной стоимости//Сборник докладов Третьей международной конференции «Россия: тенденции и перспективы развития», секция «Экономическая наука и экономическая политика в современной России. – М.: ЦЭМИ РАН, 2002. – с. 137-143.
13. Gorban, A.N. MultiNeuron – Neural Networks Simulator For Medical, Physiological, and Psychological Applications/ A.N.Gorban, D.A.Rossiyev, M.G.Dorrer// World Congress on Neural Networks 1995 International Neural Network Society Annual Meeting : Renaissance Hotel. – Washington, D.C., 1995.
14. Simon, H.A. Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science//The American Economic Review: №3, 1959. – p. 253-283.
15. Smith, V.L. Economics in the Laboratory//The Journal of Economic Perspectives: № 1, 1994. – p. 113-131.
16. Tversky, A. Rational Choice and the Framing of Decisions/A.Tversky, D.Kahneman//The Journal of Business: № 4, 1986. – p. 251-278.
17. Werbos, P. J. Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences: Ph.D. thesis. – Harvard University, Cambridge, 1974.