

МОДЕЛИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ И СЦЕНАРНЫЕ ПОДХОДЫ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

А.С. МАКАРЕНКО

Предложен новый класс моделей с ассоциативной памятью для изучения явлений в больших социальных системах. Модели имеют структуру, сходную со структурой нейросетевых моделей хопфилдовского класса. Учет в предложенной концепции интеллектуальных свойств субъектов общественных процессов позволил значительно расширить круг явлений, моделирование которых становится возможным. В частности, учет способности субъектов строить прогнозы ситуаций и принимать решения на базе этих прогнозов приводит к совершенно новым свойствам решений, главное из которых — возникновение многозначных решений, что на уровне большой общественной системы приводит к появлению множества способов поведения такой системы, т.е. сценариев развития событий. Обсуждаются также некоторые аналогии с поведением квантово-механических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Наука XX столетия разработала много инструментальных средств, методов и принципов для исследования неживой природы, что составляет видимую основу современной физики. Но параллельно этому видимому потоку всегда существовали скрытые тенденции, связанные с желанием понять место человека и его структуру с точки зрения физики. Следует отметить, что многие видные физики размышляли над этими проблемами (Н. Бор, Э. Шредингер, Ю. Джордан, Д. Бом, В. Паули, Дж. Уиллер). Другой путь к таким проблемам проходит через исследование мозговых процессов и искусственного интеллекта (Н. Винер, А. Розенблют, У. Мак-Каллок, У. Питтс, Д. Хопфилд, А. Ляпунов). Недавно проблемы наблюдателя (обозревателя) на микро- и макроуровнях в квантовой и классической физике интенсивно изучались в классической и неклассической квантовой механике (Н. Эверетт, А. Шимони, В. Шемп, П. Марсер, Ч. Атманшпатер, Ч. Фарр).

Но с развитием современного общества (назовем это глобализацией), особенно в связи с развитием информатизации, понимание функционирования общества становится все более важным. Общество как цельный комплексный социо-экономический объект состоит из большого количества подсистем и подпроцессов. Современное естествознание, особенно физика, всегда пробовало создавать некоторые модели и давало некоторое понимание таких интересных объектов. Естественно, одной из первых подсистем, исследованных физическими методами, была экономическая. Возможно, одна из ведущих методологий в физическом приложении к экономике — теория диссипативных структур, возникшая после работ Ильи Пригожина. Диссипативные структуры, автоволны, термодинамические параметры были приняты как аналоги многих экономических явлений [1]. Интересно, что недавно И. Пригожин применил такие соображения к экономическим проблемам [2]. Концепции синергетики применялись также к различным про-

блемам общества (экономика, история, этнология [1,3]). Некоторые идеи из теории катастроф имеют приложения к рассматриваемым проблемам. Следует отметить и подход на основе ведущего уравнения для микровероятности перехода, возникший после работ В. Вайдлиха и Г. Хаага [4]. Все эти идеи применялись в некоторой степени и как аналоги поведения большого общества. Однако следует заметить, что законы общества пока не имеют полного описания в физических концепциях и структуре моделей.

В статье описан некоторый класс моделей и концепций, которые могут составлять универсальный методологический фон для рассматриваемых систем относительно различных пространственных и временных шкал, иерархических уровней. Отметим, что в нашем случае задействовано много идей из различных дисциплин — общей теории систем, кибернетики, информатики и ... философско-гуманитарных наук.

1. НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ОБЩЕСТВА

Прежде всего мы напомним некоторые ключевые свойства общества, которые должны быть представлены в предложенной концепции и моделях.

Доктрина единства жизни и абиотической среды. До настоящего времени различные научные дисциплины рассматривали разные подсистемы общества. Теперь ситуация меняется. Множественные связи между государствами вызывают появление нового объекта — весь Мир как уникальная глобальная система. Имеется долгая история развития этой концепции в различных областях науки: экономике — Мир — системный анализ (И. Валлерстайн), культурологии — глобальная культура (Р. Робертсон), в экологии (Д. Макнаир, Л. Браун, Д. Одум) и концепция устойчивого развития.

Цивилизация в социальной истории. В настоящее время не существует формального описания цивилизации в смысле М. Вебера, А. Тойнби, С. Хантингтона и многих других. Но понятие цивилизации или экономического формирования, или режимов неявно существует во всех вышеупомянутых концепциях. Имеются также некоторые модели для Мира в системной динамике (Дж. Форрестер, Д. Медоуз и их последователи, Ф. Марчетти), некоторые модели типа экспертных и несколько других более локальных моделей для частных проблем (Л. Ричардсон, В. Вайдлих), модели макроэкономики. Но эти модели все же не могут давать ответы на все вопросы.

Динамическая сущность общества. Другая основная особенность состояния современного Мира — его эволюционный характер. В современных условиях происходит очевидное ускорение изменений, так что теперь проблемы изучения сути глобальных систем становятся все более сложными. Поэтому применимость существующих теорий и моделей общества находится под вопросом. Например, имеется много экономических теорий, основанных на равновесных или квазиравновесных концепциях (В. Парето, Д. Гейл, Д. Кейнс, П. Самуэльсон, Л. Вальрас, Дж. Нэш и др.). Эти теории имели блестящие достижения, но теперь, когда слишком много изменений происходит в мире, они устаревают. В экономике признается потребность учета глобальных изменений и продолжающихся изменений в экономических структурах (например, Дж. Фостер, *Эволюционная экономика*, 1987, много статей в таких журналах, как «Methoduth», «Economic Journal» и т.д.). При этом одно из главных инструментальных средств для исследования —

подход на основе физических теорий, который происходит от синергетики и теории самоорганизации (И. Пригожин, Х. Хакен, Г. Николис и многие другие). Много достигнуто в применении таких концепций в гуманитарных науках (например, описание роли нелинейной и хаотической динамики в экономике: К. Лорентц, Дж. Шенкман, Г. Мосекилде). До настоящего времени трудности в построении теории все еще значительны.

Взаимосвязи и свойство голографичности. Существуют основные элементы в развитом обществе: много взаимосвязей между элементами социальных систем (и не только в социальных, но также в естественных системах). В философии и богословии всегда присутствует идея относительно взаимосвязи всех явлений в Мире (без конкретизации таких влияний). Но в разделах глобальных наук обычно имеются более разработанные концепции для описания взаимосвязи, иногда даже количественной. Один источник идеи взаимосвязи — науки о человеестве (гуманитарные): социология, психология, политология и т. д. Почти во всех известных современных социологических теориях в качестве главных выступают идеи социальных взаимодействий (Т. Парсонс, Д. Истон, Э. Дюркгейм) и социальных полей (К. Левин). Влияние окружающей среды на индивидуума представляется в психологии малых групп, в социальной психологии (Г. Лебон, К. Юнг, Г. Тард, С. Московичи). Отметим также теории общественного воздействия Ю. Хабермаса и социального обмена Д. Хоманса.

Важное свойство общества — соотношение целое/подсистема. Многие подсистемы общества наследуют его общие свойства. Например, маленькая деревня имеет много общих свойств со страной как с целым (вера, традиция, технологический путь, образование и многое другое). Кроме того, часть совокупности может пробовать воспроизвести структуру социальной инфраструктуры в любых обстоятельствах (поведение эмигрантов в США).

Пространственные и временные шкалы и иерархическая структура. В истории много периодических явлений. В экономике известны циклы Н. Кондратьева (приблизительно 50 лет), С. Кузнеца в строительстве (15 – 20 лет), Ч. Камерона (150 — 300) (С. Глазьев, А. Фирсов, С. Марчетти, Й. Шумпетер). Параллельно существуют периодические процессы в социальной и политической жизни. Наиболее признанный — мода в одежде. Следующий пример — процессы выборов в устойчивых обществах (таких, как в США). Следующий период в истории — период глобального изменения мировой истории. Признано, что ведущими странами были последовательно Испания, Англия, Германия, США с периодом изменения 150 – 300 лет [3]. Согласно Л. Гумилеву типичное время существования наций — приблизительно 800 лет. Намного большие исторические шкалы — шкалы развития мировых религий — ось истории (с периодами приблизительно 2000 лет согласно К. Ясперсу). Помимо периодических процессов теперь распознали много аperiodических (и стохастических). Такие процессы называют хаосом. Они имеют место во многих областях — финансовой, экономической, погодных предсказаниях.

Иерархический характер общества. Мы можем рассматривать как элементы не только личности, но также и фабрики, организации, отрасли промышленности, элементы природы и т. д. Процедура агрегации частей может объединять некоторые объекты «элементарного» уровня в компоненты более высокого уровня.

Внутренний образ мира и менталитет личности. Много понятий и проблем, рассматриваемых в философии, политологии, социологии, не име-

ет адекватных аналогов в системной теории: рефлексивность общества (самореферентные системы Н. Лумана), теория социального обмена (Г. Хоманса), индивидуальная модель Мира (Ю. Хабермаса или П. Чикеленда, см. понятие «Weltanschauung»), индивидуальные констракты (Дж. Кэлли), прогнозирующие свойства общества и многие другие. Для этого желательно иметь возможность описания таких понятий, как менталитет, вера, эмоция, предпочтение и т. д. Научные дисциплины, упомянутые выше, имеют различные подходы к таким проблемам. До настоящего времени это описание применялось к малым группам людей и главным образом в вербальном или качественном смысле из-за недостатка методологии для количественных рассмотрений. Прежде всего мы упомянем понятия из психологии — персональные констракты Дж. Кэлли и репертуарные решетки Ф. Франселлы и Д. Баннистера. В таких подходах люди были описаны в некоторых (возможно, бинарных) шкалах предпочтения: индивидуализм — коллективизм, реформы — сохранение. Второй подход — так называемые когнитивные карты с описанием человека ориентированным графом с ключевыми понятиями типа вершин и отношений как элементов диаграммы. Недавно была введена новая концепция искусственного общества из искусственных агентов [5]. Имеется также некоторое словесное описание внешнего мира в гуманитарных науках.

Сценарии будущего, бифуркации и принятие решений. Такие понятия могут помочь в обсуждениях предсказуемости исторических процессов. Существует много концепций философии истории: 1) тенденция ухудшения от «золотой эры» к нынешнему состоянию (Платон, К. Поппер); 2) тенденция эволюции от плохого состояния к лучшему (Ф. Фукуяма); 3) предсказуемость истории и «социальный дизайн» (марксизм, В. Банати); 4) антиисторизм и полная непредсказуемость истории (К. Поппер); 5) теологический подход (Т. Шарден). Отметим, что прогресс — не абсолютная концепция и зависит от точки зрения.

Близкими к перечисленным проблемам являются проблемы случайности и роли личности в истории, возможные и невозможные пути исторического процесса, виртуальная история и возможные сценарии ее развития. Появились и существенно иные концепции в философии, исторических науках, богословии. Некоторые из аспектов описаны на основе теорий катастроф и бифуркаций. Отметим, что понятие сценариев стало одним из главных инструментальных средств [6, 7]).

2. БАЗИС ДЛЯ МЕТОДОЛОГИИ И ПРОСТЫЕ ПРИМЕРЫ

В предыдущих разделах изложены некоторые понятия, связанные с современным рассмотрением общества. Анализ проблем, изложенных выше, приводит к новому классу моделей. Опишем только главные черты моделей и подчеркнем некоторые соображения, связанные со свойствами предвидения, многозначностью и с некоторыми квантово-механическими аналогиями.

Представим общество, состоящее из $N \gg 1$ личностей, и пусть каждый индивидуум характеризуется вектором состояния $S_i = \{s_1^i, \dots, s_{k_i}^i, s_{k_i+1}^i, \dots, s_{M_i}^i\}$, $s_l^i \in M_l^i$, $l=1, \dots, M_i$, где M_l^i — набор возможных значений s_l^i . Имеется много возможностей сочетания элементов в блоки и уровни в

таких моделях. В достаточно развитых обществах у личностей много сложных связей. Формализуем это. Предположим, что имеются связи между i и j личностями. Пусть J_{ij}^{pq} является связью между p компонентами элемента i и q компонентами элемента j . Таким образом, набор $Q = (\{s_i\}, \{J_{ij}^{pq}\}, i, j = 1, 2, \dots, N)$ характеризует состояние общества (рис. 1). Анализ современных моделей для сред из наборов элементов и отношений показывает сходство таких моделей общества и нейросетевых моделей.

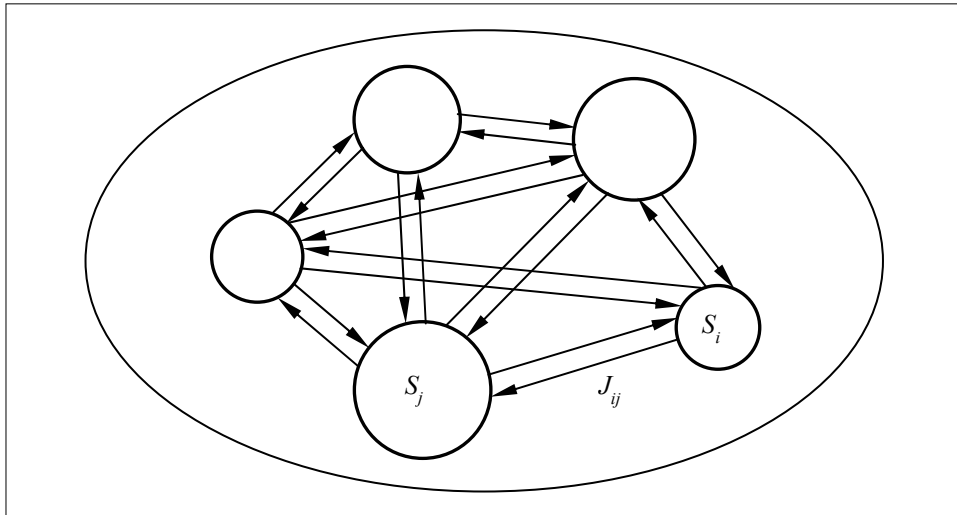


Рис. 1. Образец паттерна описания Q в самой простой модели

Аналогично можно описать иерархические системы. Отметим, что другие процессы (политические, социальные, образовательные) имеют подобное сетевое представление и общество в целом — объединение таких сетей. Значения связей могут представлять нормализацию экономических, информационных каналов управления, национальных, семейных, профессиональных и других взаимодействий. Общество — эволюционная система, изменяющаяся во времени. Далее для простоты рассмотрим только дискретные модели с моментами времени $0, 1, 2, \dots, n, \dots$. Считаем, что естественно рассматривать как вход системы в момент времени n значения параметров в этот момент времени и как выход значения в следующий $(n + 1)$ момент (для $n = 0, 1, 2, \dots$). Отметим, что в развивающемся обществе содержание набора элементов может изменяться.

В моделях автора общество рассматривается как большой комплексный объект, созданный из многих элементов с соединениями, напоминающими модели мозговой активности — нейросети [8]. Первый шаг разработки модели состоит в выборе модельных элементов и их описании. Так как требуется принять во внимание менталитет, то как элементы были приняты индивидуумы с описанием их качеств (умственных и т. д., например, экономических, демографических и других параметров).

При создании новых моделей необходимо учитывать понятие глобальной культуры общества как собрания всех материальных достижений плюс духовных типа морали, этики, религии, справедливости, образования. Глобальная культура — очень устойчивая конструкция, составляющая основу

цивилизации (А. Тойнби, И. Валлерстайн). Предложенные модели имеют динамические принципы, которые позволяют моделировать поведение глобальной культуры во времени. Это обусловлено тем, что у моделей есть свойство ассоциативной памяти. Исторические процессы напоминают стремление к очень устойчивым конструкциям и так называемым точкам притяжения в распознавании образов в информатике и нейробиологии. Многие социальные подсистемы в обществе имеют подобные свойства, что позволяет рассматривать отдельные подмодели.

В более ранних работах автор рассматривал новый класс моделей общества как модификацию моделей типа нейросетевых моделей Хопфилда или спиновых стекол [9, 10]. Известно, что динамика модели Хопфилда получена из рассмотрения функционала, называемого «энергией»

$$E = \sum_{i \neq j}^N J_{ij} s_i s_j, \quad (1)$$

где $\{+1, -1\}$ — возможные состояния элементов в сети; N — число элементов; J_{ij} — связи между i -м и j -м элементами. В хопфилдовских моделях система имеет тенденцию к одному из немногих устойчивых состояний с минимумом функционала (1). Напомним, что такой закон правилен только в симметрическом случае, когда $J_{ij} = J_{ji}$. В общем случае модели имеют форму

$$s_i(t+1) = f_i(\{s_i(t)\}, \{s_i(t-1)\}, \dots, \{J_{ij}(t-1)\}, \dots, b). \quad (2)$$

В самом простом случае модель принимает форму известной модели Хопфилда, описанной во многих публикациях, уравнения динамики которой имеют форму

$$s_i(t+1) = \text{sign}(h_i); \quad h_i = \sum_{j \neq i}^N J_{ij} s_j;$$

$$\text{sign}(W) = \{+1 \dots \text{if } \dots W > 0; -1 \dots \text{if } \dots W \leq 0\}. \quad (3)$$

В случае иерархических систем и симметрических связей между различными элементами и уровнями также существуют функционалы — аналоги «энергии».

3. МОДЕЛИ С УЧЕТОМ МЕНТАЛИТЕТА

Внутреннее представление внешнего мира. Учет менталитета требует рассмотрения внутренних структур и включения их в глобальные иерархические модели. Имеется много подходов к учету менталитета. Естественный путь состоит в том, чтобы рассмотреть модель для внутренней структуры в классе нейросетевых моделей. Напомним, что первоначально нейросетевые модели были введены при исследовании мозга. Во-первых, мы можем изменять основные законы (1) или (3). На феноменологическом уровне это может быть реализовано вводом подразделения параметров элементов на внешние Q_{ije} и внутренние Q_{iji} переменные и установлением отдельных законов для двух блоков параметров

$$Y_e = f_e(X_e, X_i, P, E), \quad (4)$$

$$Y_i = f_i(X_e, X_i, P, E), \quad (5)$$

где X_e, Y_e, X_i, Y_i — внешние и внутренние выходные и входные параметры. Функции f_e и f_i могут иметь абсолютно различные формы. Например, уравнения для внешних переменных — форму нейросетевых, объединенных с дифференциальными уравнениями для внутренних переменных. Но один из наиболее перспективных путей учета менталитета состоит в поиске уравнения (5) в нейросетевом классе. Самый простой путь состоит в представлении изображения (образа) Мира в мозгу индивидуума или в модели как собрания элементов и связей между элементами. В таком образе Мира есть место для представления индивидуума непосредственно с персональными верой, навыками, знаниями, предпочтениями. Схематически представление образа Мира индивидуума изображено на рис. 2.

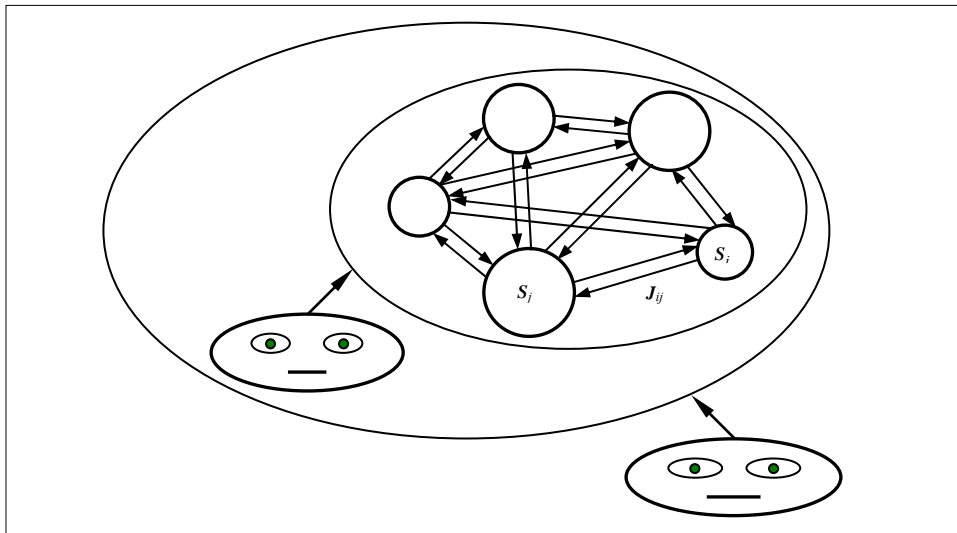


Рис. 2. Внутреннее представление Мира отдельным индивидуумом

Внизу рис. 2 показан индивидуум. Он имеет некоторое представление об устройстве Мира, сходное с «образцом» на рис. 1. Но существенно новый эффект тот, что индивидуум может представлять себя как один из элементов «образца». Ментальные структуры других личностей описываются таким же способом. Итак, общество как комплексная система имеет новое представление. На первом уровне описания имеем собрание элементов, которые соединены связями. На втором — ко всем элементам мы подсоединили структуру (некоторый образ Мира). На этом уровне конструкция напоминает расслоение из дифференциальной топологии. Но у нас структура еще сложнее, так как из-за свойства саморефлексивности существует бесконечная цепочка уровней.

Один возможный способ учета ментальности. Законы для элементного поведения должны зависеть от такого представления. Формально мы можем вводить операторы проецирования P для представления образа внешнего Мира в мозгу отдельного индивидуума: очень важно, что каждый

индивидуум имеет собственное персональное изображение Мира. Отметим, что воздействие оператора P может быть разделено на много локальных операторов проецирования. Тогда уравнение (5) может быть заменено более сложным, если подставить самопредставление индивидуума в правую часть динамического закона для элементного динамического изменения параметров. Некоторые самые простые варианты будут рассмотрены в следующем разделе вместе с описанием упреждающего свойства.

4. СВОЙСТВО ПРЕДВИДЕНИЯ И МНОГОЗНАЧНОСТЬ

4.1. Свойство предвидения. Очевидно, что личности в процессе принятия решений имеют прогнозы на будущее. В таком случае состояния элементов в модели должны зависеть от образов будущего, описанных во внутреннем представлении. Следуя [11], мы называем такой случай гиперинкурсией. Другая важная часть упреждения — процедура выбора.

Теперь приведем возможную структуру моделей и некоторые следствия. Сначала опишем структуру модели с одним элементом с внутренней структурой. Если бы не было внутренней структуры, то подошла бы система, описанная в разделе 2 для динамического закона. Например, пусть первый индивидуум с внутренней структурой имеет индекс (показатель) $i = 1$. Его динамический закон определен двумя компонентами. Первая компонента определяется внешним средним полем, как в разделе 2. Вторая часть динамического закона связана с внутренней динамикой первого индивидуума. Опишем самый простой вариант.

4.2. Один подход к моделированию упреждения. Назовем набор $Q(t)$ «образом реального мира» в дискретный момент времени t . Введем $Q_{wish}(t)$ — «желаемый образ мира в момент t для первого индивидуума» как набор элементных состояний и желаемых связей для первого индивидуума в момент t .

$$Q^{(1)}_{wish}(t) = (\{s_i^{wish}(t)\}, J_{ij}^{wish}(t)). \quad (6)$$

Предполагаем, что в случае изолированного динамического закона изменения состояния первого индивидуума зависят от разности между реальным и желаемым образом мира

$$D^{(1)}(t) = [[Q^{(1)}_{wish}(t) - Q^{(1)}(t)]]. \quad (7)$$

Здесь $[[\cdot]]$ — некоторая норма. На рис.3 показаны предпосылки для введения разности (7) и «деформированное» видение Мира индивидуумом.

Точно тот же тип представления имеет желаемый («идеальный») образ Мира. Отметим, что только состояние реального Мира едино для всех личностей (в таких моделях), но восприятия и «идеалы» отличны для различных личностей. Если мы желаем представить «внутреннюю» часть динамического закона таким же образом, как и «внешнюю» в разделе 2, то мы можем принять динамический закон для первого элемента вида

$$s_1(t+1) = F_1(h_1(t), D^{(1)}(t)). \quad (8)$$

В формуле (8) $h_1(t)$ представляет влияние среды, поскольку в (6), (7) $D^{(1)}(t)$ — часть от «внутреннего представления». Функция F учитывает оба компонента динамических свойств.

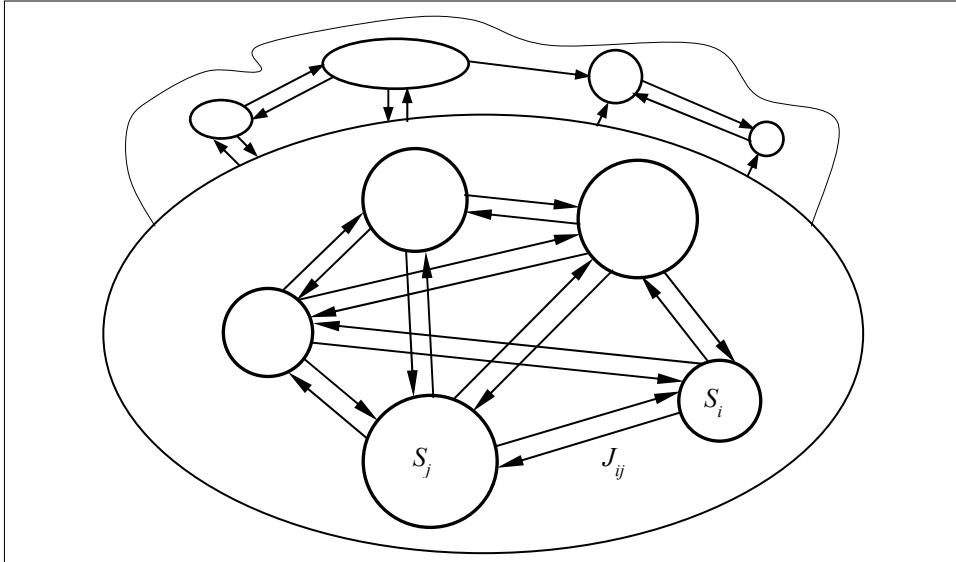


Рис. 3. Реальное состояние Мира и его внутреннее представление (деформированное) индивидуумом

Следующий шаг состоит в сравнении желаемого образа Мира с действительным в моменты времени $t, (t + 1), (t + 2), \dots, (t + g(i))$, которые ожидаются в эти моменты. Отметим, что в самом простом случае (первого индивидуума) здесь $g(i) = g(1)$. Параметры $\{g(i)\}$ определяют горизонты упреждения. Таким образом, схематично общество в предложенном представлении напоминает рис. 4.

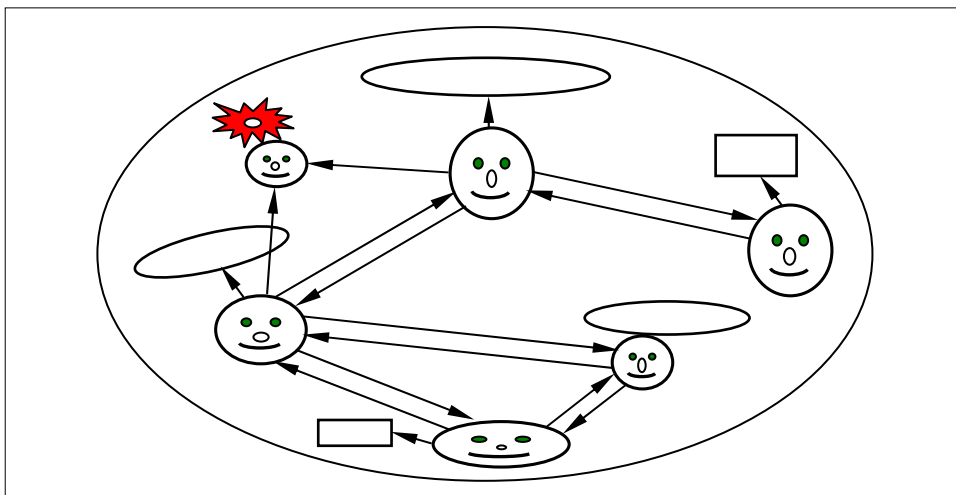


Рис. 4. Общество как собрание личностей. Эллипсы, прямоугольники, звезда — внутреннее представление внешнего мира в аналогах способа рис. 1 — 3. Индивидуум со звездой — представление ребенка, односторонние стрелки к нему — воспитывающее влияние, например, родителей

Обобщение моделей в случае учета внутренних структур (рис. 4) имеет форму

$$S_i(t+1) = F_i(h_i(t), D^{(i)}(t), D^{(i)}(t+1), \dots, D^{(i)}(t+g(i))); \quad i=1, 2, \dots \quad (9)$$

Система (9) и ее модификации могут составить базис для исследования многих проблем с внутренними и внешними образами Мира. Подстановка в систему всех компонент приводит к эквивалентной системе

$$S_i(t+1) = G_i(\{s_i(t)\}, \dots, \{s_i(t+g(i))\}, R), \quad (10)$$

где R — набор внешних параметров (управление, структурных, окружающей среды). Подчеркнем, что правая часть уравнения (10) зависит от будущих значений состояния элемента. Эта форма построена, образно говоря, как обратная (противоположная) по отношению к форме уравнений с запаздыванием. Очень перспективно то, что структура системы (10) совпадает по структуре с упреждающими системами, исследованными Д. Дюбуа [11], что влечет за собой возможное подобие в свойствах.

4.3. Некоторые результаты исследований и моделирования. Предложенная концепция и принципы позволили разработать некоторые практические приложения моделей. Рассматривались моделирование будущего геополитических отношений, конфликтология, проблемы устойчивого развития в глобальной экологии, инфекции, распространяющиеся в виде эпидемий, некоторые проблемы в интеллектуализации производства и финансах. Следует отметить, что предложенные модели хорошо приспособлены к современным информационным базам данных — географическим информационным системам. Совместно с М. Берадзе и М. Мнакацианиан доказаны некоторые оптимизационные теоремы.

4.4. Упреждение как источник многозначности. Мы рассмотрели новые модели с учетом упреждающего свойства. Модели довольно сложные и приведенные исследования лишь первый шаг, поэтому опишем теперь некоторые основные моменты и возможные свойства. Напомним, что дискретная динамическая система называется системой с рекурсией, если уравнение имеет форму (в самом простом случае) [11]

$$x(t+1) = f[x(t-1), x(t)], \quad (11)$$

и с упреждением (инкурсия, *incursion*), если

$$x(t+1) = f[x(t), x(t+1)]. \quad (12)$$

Когда уравнение (12) имеет неединственное решение, можно говорить о гиперинкурсии (*hyperincursion*).

Самые простые примеры инкурсионных и гиперинкурсионных уравнений

$$x(t+1) = ax(t)[1 - x(t+1)] \quad (13)$$

и

$$x(t+1) = ax(t+1)[1 - x(t+1)]. \quad (14)$$

Уравнение (13) может быть преобразовано к виду

$$x(t+1) = ax(t)/[1+x(t)]$$

с единственным решением. Но уравнение (14) может быть преобразовано в систему с двумя возможными решениями

$$x(t+1) = 1/2[1 \pm \sqrt{1 - 4x(t)/a}]. \quad (15)$$

«Такая упреждающая система показывает последовательные удвоения. Каждое раздвоение представляет две потенциальных будущих ветви и если система самостоятельно выбирает ветвь раздвоения, самоорганизующаяся упреждающая система определена. Если система обладает правилом отбора в каждый текущий момент времени, набор потенциальных решений сводится к единственному реализованному решению. Выбор осуществляется средой для экстерналистских эволюционных систем и системой непосредственно для самоорганизующихся систем. Без выбора эта система накопит сама по себе все потенциальные решения» [11, с. 7].

После анализа свойств упреждающих систем мы предлагаем принять такие свойства, как ведущие принципы (по крайней мере, в первом приближении). В качестве первого принципа предлагаем такой: модели, определенные выше, имеют многозначность в решениях. В качестве второго принципа можно принять то, что в каждом моменте времени мы имеем способ выбора единственного решения. Модель с одним «решающим устройством» («селектором» решения) показана на рис. 5. Здесь основа каждого конуса состоит из точки из некоторого пространства X , где каждая точка x из X соответствует системному состоянию (напомним, что мы предполагаем: система состоит из N элементов).

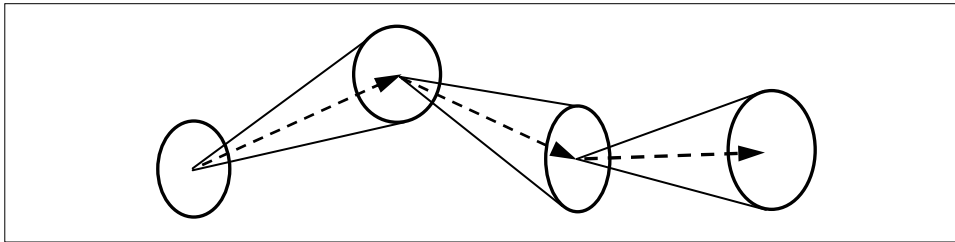


Рис. 5. Набор решений и выбранная траектория. «Воронки» соответствуют возможностям, принимаемым в каждый дискретный момент времени; стрелки с пунктиром — выбранной траектории

Такая «воронка» напоминает интегральную «воронку», а стрелки — селектор многозначного отображения в теории многозначных отображений [12]. Может существовать также аналогия с концепцией из квантовой механики — интерпретацией квантовой механики, развиваемой после работы [13]. В концепции Х. Эверетта существует много параллельных миров и в каждый момент времени система с наблюдателем подвергается ветвлению.

При рассмотрении модели для $N > 1$ индивидуумов возникает проблема N независимых (или частично независимых) «решающих элементов».

В случае индивидуума или «интеллектуального агента с внутренней структурой» можно говорить о «решающем элементе» как о «лице, принимающем решение», и проблема сведется к проблеме принятия решения. Тогда «общий» выбор будет результатом некоторого «учета» индивидуальных выборов. Если динамический закон для нахождения решения одного элемента принят тот же, что и для каждого нейронного элемента (возможно, многозначный) тогда будем иметь представление

$$S(t+1) = F(PR[\{S(T), J\}]), \quad (16)$$

где $S(t)$ — собрание всех значений состояний элементов в настоящее время t ; J — собрание всех связей; F — нелинейный оператор системы (обычно сигмоидальная кривая); P — оператор, который выбирает единственное решение из набора возможностей; R соответствует «генератору многозначности» в системе. Тогда $R: X \rightarrow MX$, $S \in X$, где MX — пространство всех непустых множеств X (X определено выше). Разработка такого подхода приводит к теории уравнений операторов с упреждением.

4.5. Интерпретация возможных многозначностей в моделях. Выше мы предложили некоторые вербальные описания возможного общего поведения моделей. На основе описания свойств общества в разделе 1, можно предполагать, что свойство множественности соответствует сценариям, траекториям развития и ... альтернативности истории. Уникальный выбор соответствует выбору и принятию решения в любой момент времени. Рассуждения Х. Ортега-и-Гассета, Ч. Франсуа и многих других непосредственно приложимы к предложенным структурам моделирования. Концепция синергетики получает новые возможности для развития. Такая интерпретация в предложенных моделях дает новую базу для исследования принятия решений — с учетом человеческого фактора. Новизна предложенного подхода выдвигает много новых интересных проблем как математических, так и в интерпретации и приложениях.

5. ВОЗМОЖНЫЕ АНАЛОГИИ С ПОДХОДОМ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

При описании модели мы иногда приводили замечания относительно квантовой механики. Обсуждения таких квантово-механических аналогий могут быть полезны для понимания предложенных моделей. Перечислим некоторые проблемы.

Общие уровни иерархии. Известно (начиная с системного анализа живых систем в работах Дж. Миллера), что существует много (приблизительно десять) иерархических уровней в природе — от нижнего элементарного уровня частиц к верхнему уровню глобальной Вселенной. Квантово-механическое описание признано как основа этих верхних и нижних уровней. Для промежуточных уровней развитие квантового подхода только начинается.

Основные успехи были получены в исследовании ДНК, ячеек организма и, возможно, мозга (см. работы С. Хаммерофа и Р. Пенроуза, П. Марсера, В. Шемпа, М. Перуса). Но есть много других уровней в иерархии (индиви-

дуум, организация, общество и, может быть, ноосфера). И если для индивидуума некоторые привязки к квантовому явлению упоминались (сознание как не поддающееся объяснению явление), то общество (по мнению автора) было почти вне структуры такой методологии. Возможно, что это было из-за недостатка определения принципов для разработки модели (новый класс моделей мог бы заполнить существующий пробел), а также из-за того, что квантово-механическая концепция является одной из универсальных форм представления природы на всех уровнях иерархии. Отметим, что одна общая особенность микроуровня и общества очевидна: измерение изменяет состояние объекта.

Теперь перейдем к некоторым возможным аналогиям в предложенном подходе и в квантовой механике. Прежде всего, мы должны снова отметить аналогии, описанные в разделе 4 для гиперинкурсионных систем. Мы уже отмечали, что это напоминает как минимум две интерпретации квантовой механики — копенгагенскую и многих Миров. Можно обсуждать еще один аналог, а именно, с интегралами Фейнмана по траекториям.

6. СЦЕНАРИИ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ

6.1. Введение. Изложенная в предыдущих разделах идеология неожиданно оказалась уместной для понимания процесса принятия решений в больших социо-экономических системах. Причем эта методология оказалась полезной для рассмотрения всех компонентов этого процесса: поведения лица, принимающего решения, реакции и восприятия этих решений большими социо-экономическими системами, различных сценариев поведения таких систем. Сценарии (или варианты развития кризисных ситуаций) уже рассматривались в национальных системах предупреждения последствий катастроф разных стран. В последнее время появилось осознание того, что рассмотрение сценариев как специфических явлений необходимо и в других областях: экономике, политике, теории организации, менеджменте и других, причем, по возможности, количественное [7]. Это связано с тем, что, кроме всего прочего, рассмотрение сценариев соотносится еще и с количественной оценкой возможных убытков и рисков. Поэтому появилось много исследований, посвященных сценариям. Однако все равно до сих пор существовали определенные проблемы.

Во-первых, оставался вопрос, какие множества траекторий можно брать в качестве возможностей. Во-вторых, какие ограничения можно (и следует) налагать в процессе селекции траекторий для последующего рассмотрения сценариев. Заметим, что сейчас во многих случаях используют подход мультиагентных систем. Но и мультиагентное моделирование, несмотря на обширные приложения и перспективы, имеет недостатки. Основные трудности при этом заключаются в сложности реализации при постоянно меняющихся условиях внутреннего представления агентов (элементов). Кроме того, к обычным мультиагентным моделям трудно применить арсенал аналитических методов. В любом случае в существующих подходах очень трудно исследовать априори бифуркационные аспекты в поведении.

6.2. Учет интеллектуальных аспектов в сценарном подходе. В предыдущих разделах настоящей работы описаны новые возможности свойства

предвидения агентов в наших моделях. В таком подходе множество возможных траекторий (составляющих сценарии) в моделях уже ограничено из-за существования многозначных решений соответствующих нелинейных моделей. Само богатство сценариев зависит от свойств множества как математического объекта, поэтому очень важным становятся математические исследования, возможные только с помощью очень продвинутого аппарата, о чем будет сказано ниже.

Очень важно понимание роли и возможного влияния лица, принимающего решения. Более широко это относится и к таким вопросам, как соотношение роли личности и случайного фактора в больших социальных системах. В данном подходе спектр возможных сценариев зависит от внутренних механизмов в принятии решения (выбора). Это позволяет учесть как ментальный портрет индивидуума, так и случайные факторы. Под случайностью можно понимать «импульсивное» решение, не обусловленное предыдущим опытом и анализом ситуации. Однако влияние этого «импульса» дальше уже может рассматриваться как обычная эволюция в фазовом пространстве системы, что позволяет исследовать устойчивость модели и сценариев. Заметим, что отдельное решение, выбор (и личность) может иметь значительное влияние только в случае, если попадет в определенный «резонанс» с окружением (не обязательно в тот же момент времени). Ясно, что это существенно отличается от, например, метода Монте-Карло в таких ситуациях.

Такой подход немедленно выводит на задачи нахождения точек влияния на систему с учетом внутренних представлений индивидуумов, особенно с учетом того, что резкие смены сценариев могут привести к соответствующей смене внутренних представлений. Дальнейшим обобщением является возможность моделирования самой динамики формирования и изменения ментальной структуры. В связи с этим и приводились замечания к пониманию сознания в предыдущем разделе.

Возможно также включение в общую схему моделей коммуникаций, моделей восприятия, психологических факторов и т.п. Еще раз следует подчеркнуть, что гибкость в построении моделей обеспечивается гибкостью описания, присущей и нейросетевым моделям, когда явно не используется описание с помощью языка и грамматик. Хотя точно так же, как и в теории распознавания образов, можно в принципе установить соответствие между лингвистическим описанием и описанием с помощью элементов со связями.

6.3. Гетерогенные системы со многими центрами принятия решений. Обычно социо-экономические системы (да и большие технические или природные) являются иерархическими системами с разными пространственными и временными масштабами и с относительно большим числом типов неоднородных элементов (т.е. разного размера, мощности, функций и т.п.). Очевидных примеров таких систем можно привести множество, например, большие атомные энергетические станции. Прогнозирование поведения таких систем и оценки рисков в них традиционными средствами представляет собой достаточно сложную задачу. Предложенный подход позволяет в силу гибкости моделей упростить и описание таких систем. Более того, при рассмотрении человеко-машинных, социо-природных и других систем, рассмотренная методология позволяет для технических (или при-

родных компонент) использовать уже развитые классические модели и подходы, а для присутствующих в системе индивидуумов — модели предложенного типа. Кроме того, вообще такие системы в целом можно описать в рамках такого подхода.

Другой класс гетерогенных систем, вероятно, еще более важен с точки зрения социо-экономических приложений: системы, в которых существует много независимых центров принятия решений. Эта проблематика в последнее время привлекла внимание большого числа специалистов по исследованию операций, теории игр, математиков и практиков, однако до более или менее приемлемых общих результатов еще далеко [14].

Предложенный подход делает возможным переформулировку этих задач на языке элементов и связей ввиду гибкости такого описания. Некоторые исследования в таком направлении уже проведены (например, по отношению к теории конфликтных систем [15], а также к рассмотрению задач управления большими системами на базе таких моделей [16]). Так, рассмотрение систем со многими центрами принятия решений, многими независимыми подсистемами показывает уместность использования дифференцируемых многообразий, теории расслоений и топосов.

Применение новой методологии позволяет пересмотреть проблему оценки рисков в больших системах со многими различными частями: природными, техническими, биологическими, социальными и населением. Ввиду вовлеченности индивидуумов, сценарии — существенный компонент таких систем. Следовательно, оценка рисков может быть сведена к оценке вероятностей на траекториях. При этом главным отличием является более точный учет человеческого фактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье изложен подход к моделированию процессов в больших социальных системах с включением свойства упреждения в рамки подхода. Как результат — новые модели, которые принимают во внимание также свойства менталитета индивидуума. При этом обнаружилось некоторые аналогии с методами квантовой механики. Потенциально важным для приложений может быть новый взгляд на природу сценарного подхода. Предложенный подход полезен для экономических моделей.

Это исследование было частично поддержано грантами INTAS OPEN 00- 363 и UNTC Grant GR 33 (J) и 2226 МОНУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пу Т. Нелинейная экономическая динамика. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. — 198 с.
2. Prigogine I. The Networked Society // J.World-Syst.Res. — 2000. — 6, № 3. — P. 892–898.
3. Катица С., Курдюмов С., Малинецкий Г. Синергетика и прогнозы будущего. — М.: Наука, 2001. — 288 с.
4. Weidlich W., Haag G. Concepts and Models of a Quantitative Sociology. The Dynamics of Interacting Populations. — Berlin: Springer-Verlag, 1983 — 640 p.

5. *Wooldrige M., Jennings N.* Agent Theories, Architectures and Languages: A Survey // Proceed. of the 1994 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages. — Berlin: Springer-Verlag, 1995. — P. 1–29.
6. *Згуровський М.З., Доброногов А.В., Померанцева Т.Н.* Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа. — Киев: Наук. думка, 1997. — 224 с.
7. *Згуровський М.З.* Шляхи нашого відродження. — Київ: Генеза, 2002. — 176 с.
8. *Haykin S.* Neural Networks: Comprehensive Foundations. — MacMillan: N.Y., 1994. — 640 с.
9. *Макаренко А.* О моделях глобальных социо-экономических процессов // Докл. Укр. Акад. наук. — 1994. — № 12. — С. 85–87.
10. *Levkov S., Makarenko A., Zelinsky V.* Neuronet type models for stock market trading patterns. Proc. 5th Ukrainian Conf. AUTOMATICA'98. Kiev, May, 1998. — P. 162–166.
11. *Dubois D.* Introduction to computing Anticipatory Systems // Int.J.of Comput Anticip.Syst (Liege). — 1998. — 2. — P. 3–14.
12. *Филлипов А.* Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. — М.: Наука, 1985. — 223 с.
13. *Everett H.* «Relative State» Formulation of Quantum Mechanics // Reviews of Modern Physics, 1957. — 29, № 3. — P. 454–465.
14. *Schneewis Ch.* Hierarchies in Distributed Decision Making – An outline of General Theory // 16th European Conf. On Operational Research, Brussels, Belgium. July 12-15,1998. Tutorial and Research Reviews, 1998. — 23 p.
15. *Макаренко А.С.* Глобальные социальные конфликты и их модели — В кн.: Конфліктологічна експертиза: Теорія і методика. Вип.1. — Київ: Товариство конфліктологів України, 1997. — С. 87–95.
16. *Берадзе М.С., Мнакацианиан М.Р., Макаренко А.С.* Новые задачи в моделировании больших иерархически построенных систем // Тр. междунар. конф. «Автоматика -2000». Секция 1: «Математические проблемы управления, оптимизация и теория игр». — Львов: Львівська Політехніка. — 2000. — С. 58–61.

Поступила 08.09.2003