

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНОЙ СКАЧКООБРАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ В МОДЕЛЯХ СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

П.А. Михненко

Рассмотрены системы со случайной скачкообразной структурой, представляющие собой особый класс стохастических динамических систем. Показано, что теория таких систем позволяет синтезировать алгоритмы комплексного (одновременного) управления как состоянием, так и структурой организационных систем. Отмечено, что организационные модели, основанные на этой теории, в наиболее общей форме описывают динамику сложных социально-экономических систем.

Ключевые слова: организация, социально-экономическая система, структура, управление, стохастичность, байесовский подход.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение системного подхода к исследованию хозяйственных организаций предопределило использование в рамках теории организации, менеджмента и других социальных и экономических дисциплин разнообразных моделей социально-экономических систем. Общие принципы построения таких моделей базируются на представлении организаций в виде сложных открытых систем, подверженных воздействию со стороны внешней среды и оказывающих на нее собственное воздействие.

Разнообразие подходов к моделированию, а, следовательно, к анализу организационных систем, определяется, с одной стороны, многообразием целей и задач исследования, а с другой — стремлением исследователей к адекватному отражению в моделях как можно большего числа свойств организационных систем. При этом попытки создания универсальной методологии математического моделирования социально-экономических систем неизбежно сталкиваются с проблемой описания сложных процессов, обладающих комплексами экономических, социально-психологических, технических и иных аспектов, плохо поддающихся формализации.

Успехи математической теории динамических систем побуждают специалистов в области управ-

ления к использованию моделей таких систем для адекватного описания динамических процессов, протекающих как внутри организаций, так и при их взаимодействии с внешней средой [1]. Динамический аспект моделирования позволяет формализовать такие явления и процессы, как жизненный цикл организации, непрерывность анализа и синтеза в ходе адаптации к внешней среде, управление качеством продукции, синхронизация производственных процессов, логистика и др. [2].

Неопределенность внешней среды организации, а также погрешности контрольных операций в ее внутренней среде изучаются с применением стохастических моделей различных классов. Исследование аспектов устойчивости, управляемости, наблюдаемости таких систем заметно усложняется при использовании нелинейных моделей, наиболее адекватно описывающих реальные организационные системы и процессы.

Стремление к оптимизации управленческих процессов, в том числе процессов управления структурами организаций, требует привлечения методов оптимального оценивания координат состояния системы, оптимального управления, а также распознавания структур собственной системы и ее надсистем.

Наибольшую сложность стохастического динамического моделирования организационных систем представляют разнообразные разрывные



случайные процессы, не поддающиеся в общем случае формализации посредством дифференциальных или рекуррентных стохастических уравнений. Однако практика управления рыночными организациями в условиях современного высокоподвижного и неопределенного окружения все настойчивее требует отражения в моделях систем аспектов случайности и непредсказуемости смены явлений и структур [3].

Решение указанных и ряда других задач управления оказывается возможным в классе систем со случайной, в том числе, скачкообразно изменяющейся структурой. Методическим и математическим аппаратом решения таких задач служит *теория систем со случайной скачкообразной структурой* (ССС).

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНОЙ СКАЧКООБРАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ

В аспекте анализа и синтеза социально-экономических организационных систем под структурой понимается совокупность элементов, выстроенных в иерархической последовательности, с учетом всех связей и взаимовлияний между ними. Разработка структуры организации базируется на общих стратегических принципах ее функционирования. Однако в процессе развития организации ее структура подвержена изменениям, которые могут носить как инкрементальный, так и радикальный характер [3].

При кажущейся целенаправленности и полной управляемости процессов корректировки или смены типа организационной структуры на практике менеджменту зачастую приходится сталкиваться с неопределенностью знания о характере сложившихся взаимосвязей между элементами организационной системы, уровне их синергии и динамики изменений.

Характерными особенностями таких проблем являются структурная неопределенность, т. е. изменение структуры в случайные моменты времени в процессе функционирования организации, а также стохастичность процессов в них. Неточность информации о сложившихся к текущему моменту времени объективных особенностях структуры организации возрастает с ростом ее размеров, сложности, разнообразия целей и задач. Существенный вклад в увеличение структурной неопределенности вносит децентрализация и территориальная разобщенность частей организации.

Случайные перерывы информации под воздействием внешней среды, приводящие к перерывам (или снижению эффективности) управления, также могут трактоваться как смена структуры организации. Эти особенности являются объектив-

ными характеристиками функционирования сложных динамических систем [4].

Под инкрементальной сменной структуры организации будем понимать изменения, не затрагивающие набор элементов, их иерархию и связи в целом, но приводящие к временным или постоянным модификациям, влияющим на характер работы организации. Примерами таких модификаций могут быть:

- формирование внутри организации устойчивых горизонтальных или диагональных неформальных связей как реакция на излишнюю централизацию в рамках многоуровневой структуры управления;

- постепенная утрата позитивной роли какого-либо департамента при изменении целей организации или характера взаимоотношений с внешними партнерами;

- значительное ухудшение (или наоборот, улучшение) информационного обеспечения управления в результате внедрения на предприятии новой информационной системы и т. п.

Случайность и информационная неопределенность инкрементальных структурных изменений характерна для большинства современных организационных систем. Недостаточная наблюдаемость скрытых свойств и явлений в ряде случаев влечет за собой скачкообразный характер последующих радикальных изменений. Резкое изменение режима функционирования организации в случайные моменты времени может происходить вследствие нарушений каких-либо параметров (производственных, финансовых, социальных и др.) в отдельных структурных единицах, выхода этих параметров за допустимые пределы, а также вследствие ресурсных ограничений.

Перечисленные свойства требуют применения для описания и изучения современных организационных систем особого математического и методологического аппарата, учитывающего случайный характер изменения состояния структуры организации.

Системами со случайной скачкообразной структурой называется особый класс стохастических динамических систем, структура которых может изменяться случайным образом. При этом смена структуры представляет собой случайный процесс с конечным числом возможных состояний, изменяющихся в случайные моменты времени с некоторой вероятностью. В настоящее время прикладная теория систем со случайной скачкообразной структурой находится на ранней стадии развития. Первые труды, посвященные анализу систем с переменной и случайной структурой, принадлежат А.Н. Скляревичу [5]. Методы анализа и синтеза линейных и нелинейных систем СССР изложены в трудах В.М. Артемьева, И.Е. Казакова [6, 7].

Впервые систематическое и полное изложение прикладной теории систем со случайной скачкообразной структурой дано в трудах профессора В.А. Бухалева [8, 9]. В монографии [8] продемонстрированы такие аспекты практического применения теории ССС, как оптимальное оценивание состояния, распознавание структуры и оптимальное (в том числе игровое) управление системами, подверженными скрытым и внезапным изменениям.

Существенная отличительная особенность описания организаций в классе систем ССС состоит в том, что вектор состояния системы, помимо фазовых координат $x \in X$, включает в себя индекс (номер) структуры $s \in S$, где X, S — области допустимых значений x и s соответственно. В общем случае множества X и S могут зависеть от времени.

Таким образом, обобщенный вектор состояния организационной системы состоит из двух компонент: континуальной (x) и принадлежащей конечному множеству (s). Благодаря этому свойству процессы управления приобретают характер совместного воздействия как на фазовые координаты, так и на структуру системы.

Модели теории систем ССС предполагают наличие в составе организационной системы элементов (подразделений или лиц), выполняющих функции индикаторов структуры. «Индикаторы структуры» осуществляют наблюдения за факторами внутренней среды организации, что позволяет косвенно оценивать состояние ее структуры. Фазовые координаты, определяющие состояние организации в рамках существующей структуры, наблюдаются в ходе мониторинга состояния — комплекса информационно-аналитических мероприятий, проводимых менеджментом организации. При возможности количественного описания наблюдаемых процессов понятие «наблюдение» становится тождественным понятию «измерение».

Цель наблюдения за фазовыми координатами и состоянием структуры системы заключается в обеспечении как можно более раннего выявления объективных инкрементальных изменений внутри организации, способных привести к значительным изменениям.

Примером перерастания незначительных изменений в радикальную трансформацию может служить динамика развития кризиса организации на каждом из этапов ее жизненного цикла [3]. Так, например, на стадии предпринимательства основная цель организации состоит в создании продукта и выживании на рынке. Источник развития организации заключается в творческом и предприни-

мательском потенциале ее собственника. На этой стадии организация небюрократична и неформальна. Однако по мере роста организации, увеличения числа сотрудников и спектра задач начинают появляться признаки недостаточной формализации управленческих и производственных процессов. Отсутствие инструкций и процедур приводит к увеличению времени выполнения простых операций, неэффективной коммуникации, неупорядоченной координации действий и т. п. Отсутствие наемного менеджмента приводит к перегрузке предпринимателя задачами оперативного управления. Эти, незначительные на первый взгляд (и вполне закономерные), проблемы способны быстро перерасти в кризис — необходимость формализации управления и создания системы менеджмента. Неспособность руководителя организации своевременно выявить эти изменения может привести к серьезным организационным проблемам и необходимости выработки экстренных антикризисных мер, к тому же, далеко не всегда позитивно принимаемых персоналом.

В конечном счете, внезапные и скрытые изменения внутренних характеристик организационной системы зависят от интенсивности воздействий на организацию внешней среды.

Аппарат теории систем ССС позволяет трактовать малые изменения (скачки) параметров организационной системы как частный случай изменения структуры без нарушения характера взаимных связей между элементами системы.

Удобство моделей систем ССС состоит в том, что даже незначительные изменения внутренних факторов организации можно трактовать как появление новой структуры, путем введения в множество значений S нового индекса s . Такой подход оказывается оправданным в тех случаях, когда требуется описать изменения, не приводящие к формальной трансформации набора элементов, их иерархии и связей, но затрагивающих характер этих связей. Например, увеличение степени децентрализации управления, формализация линейных отношений, изменение мотивации сотрудника и т. п.

Априорное формирование множества S представляет собой достаточно сложную задачу, решаемую на основе всестороннего изучения особенностей организационной системы. Как правило, адекватность множества S ограничивается каким-либо временным периодом исследования, на котором справедливо предположение о возможном наборе структур и вероятностях их смены.

В основе теории систем ССС лежит концепция марковских моделей: модель системы характеризуется вектором текущего состояния, который является марковским процессом [10]. В отличие от математического аппарата теории массового обслуживания, не учитывающего континуальной со-

¹ Здесь под фазовыми координатами понимается совокупность экономических, технических, социально-психологических и иных переменных внутренней среды организации, характеризующих ее состояние в каждый момент времени.



ставляющей управляемой системы, теория систем ССС позволяет решать задачи, в которых структура системы зависит от ее фазовых координат, и наоборот.

Теория систем ССС представляет собой органическое объединение таких научных направлений, как теория марковских процессов и байесовский подход к обработке информации.

Таким образом, современные организации в процессе адаптации к сложной и неопределенной внешней среде претерпевают случайные изменения своей структуры, вызванные скрытыми изменениями. Текущее состояние организации, характеризующееся вектором экономических, технических, социальных и иных переменных, зависит от особенной ее структуры. Адекватное оценивание состояния структуры организации и оптимальное управление процессом ее изменения представляют собой актуальную задачу современного менеджмента. Решение этой задачи представляется возможным с применением моделей, построенных в классе систем со случайной скачкообразной структурой.

2. ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ В КЛАССЕ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНОЙ СКАЧКООБРАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ

Модель организационной системы со случайной скачкообразной структурой должна отражать следующие характерные черты системы [4, 8]:

— система состоит из элементов однородной или различной сущности, но объединенных целенаправленным процессом управления;

— система является динамической, т. е. ее состояние (фазовые координаты) изменяется с течением времени;

— система является стохастической, так как входные воздействия и ряд внутренних факторов представляют собой случайные процессы;

— структура системы в целом или ее подструктуры могут скачкообразно изменяться по случайному закону в случайные моменты времени, причем эти изменения могут либо зависеть, либо не зависеть от фазовых координат системы;

— число структур, в которых может находиться система, конечно.

Схема системы со случайной скачкообразной структурой показана на рис. 1, где θ — вектор управления структурой организации; u — вектор управления фазовыми координатами организации; s — индекс (номер) структуры; x — вектор фазовых координат организации; r — вектор показаний индикатора структуры (информация от подразделения, осуществляющего мониторинг структурных параметров); z — вектор наблюдений (информация от подразделения, осуществляющего мониторинг внутренних переменных организации); p — вектор вероятностей возможных структур; \hat{x} — вектор оценок фазовых координат организации (вектор максимально достоверной, релевантной информации как результат информационно-аналитических мероприятий, направленных на снижение степени неопределенности информации о внутренней среде организации²); ζ и ξ — случайные факторы, определяющие стохастический ха-

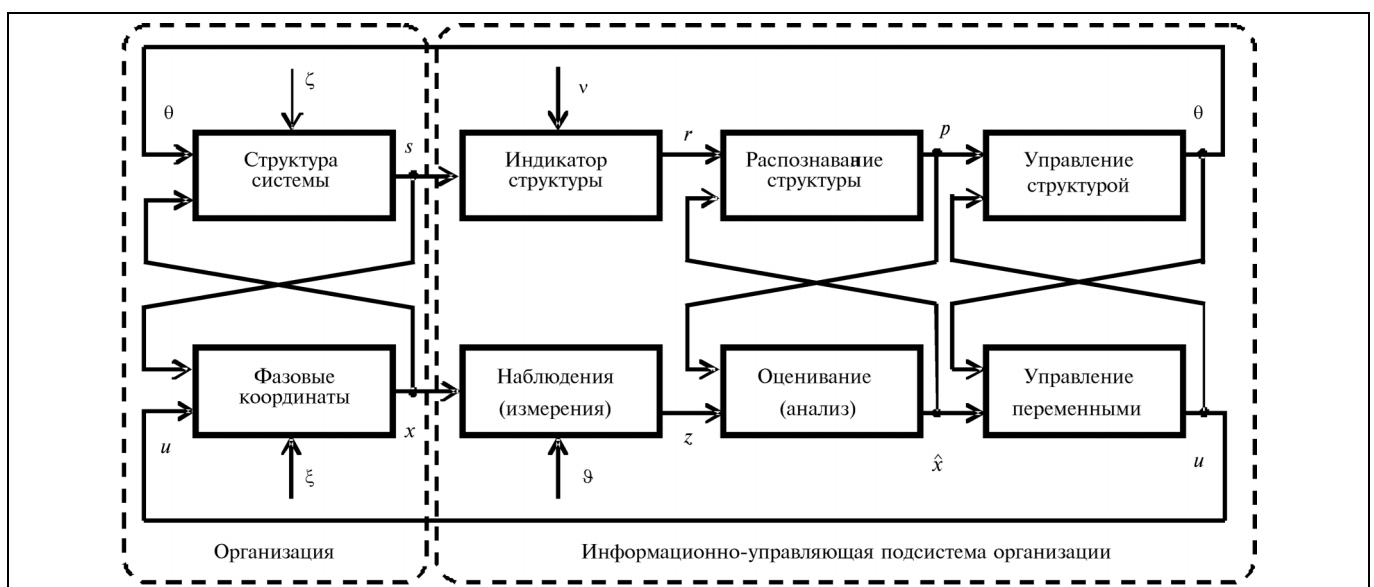


Рис. 1. Общая схема организационной системы со случайной скачкообразной структурой

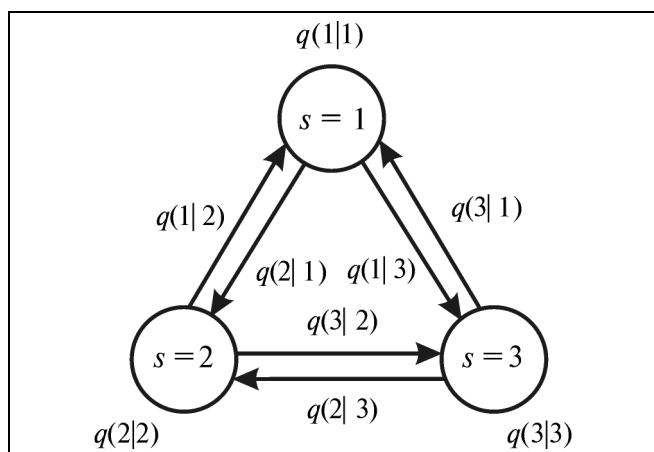


Рис. 2. Переходы структур (пример)

рактически сменой структуры и изменения фазовых координат, соответственно; v и θ — векторы информационных погрешностей (ошибок), которым подвержен индикатор структуры и измеритель состояния, соответственно.

Описание динамики организационной системы рассматривается в дискретном времени ($k = 0, 1, 2, \dots$). Динамика индекса структуры s_k моделируется условной марковской цепью, определяемой условными вероятностями переходов из одной структуры в другую (включая случаи неизменности структуры)

$$q_k(s_{k+1} | s_k, \theta_k, x_k, \zeta_k)$$

при фиксированных значениях переменных, стоящих справа от черты, где индекс k при функции q означает, что в общем случае q зависит от времени [10].

Так, например, при $S = \{1, 2, 3\}$ возможны девять переходов (рис. 2), где $q(1|2)$ — вероятность того, что система, имеющая на k -м этапе структуру $s_k = 2$, на этапе $k + 1$ будет иметь структуру $s_{k+1} = 1$.

Как видно, вероятность перехода организации из одной структуры в другую зависит от целенаправленного управления θ_k этим процессом, текущего состояния организации x_k и случайных факторов ζ_k . Очевидно, что сформировавшаяся к моменту времени k структура s_k в свою очередь влияет на текущие фазовые координаты организации x_k (см. первую пару перекрестных связей на рис. 1).

² Процесс снижения неопределенности информации называют фильтрацией измерений (наблюдений).

Таким образом, согласно концепции систем ССС, смена структуры организации осуществляется под воздействием трех векторов:

- целенаправленного управления θ структурой;
- текущих фазовых координат x организации в рамках существующей структуры;
- вектора случайных неуправляемых факторов ζ .

Вектор фазовых координат x организации как динамического объекта описывается уравнением

$$x_{k+1} = \varphi_k(x_k, u_k, s_{k+1}, \xi_k),$$

где φ_k — векторная детерминированная функция случайных аргументов, в общем случае зависящая от k . Как видно, текущий вектор координат зависит от текущей структуры организации.

Вторая пара перекрестных связей (см. рис. 1) отражает взаимосвязь процессов оценивания фазовых координат организации и распознавания структуры: характер информационно-аналитических мероприятий, проводимых менеджментом организации, будет зависеть от предположения (вероятности) об особенностях сформировавшейся к текущему моменту времени k структуры. В то же время, информация о текущем состоянии организации, совместно с результатами мониторинга структуры, будет определять вывод менеджмента об особенностях текущей структуры.

Важная особенность моделей систем ССС состоит в том, что объединенный вектор состояния системы $\{x_k^T, s_k^T\}$ является марковским, в то время как его компоненты x_k и s_k являются условно-марковскими, а именно: при фиксированном состоянии структуры s_k вектор x_k — марковский процесс, а при фиксированном x_k индекс структуры s_k — марковская цепь [8].

Поскольку состояние организации в каждый момент времени k характеризуется фазовыми координатами x_k (переменными ее внутренней среды) и номером структуры s_k , обработка информации о текущем состоянии организации должна включать в себя распознавание структуры и оценивание фазовых координат. Под распознаванием структуры понимается определение вероятности того, что текущая структура совпадает с одной из структур, составляющих конечное множество S возможных значений s [8].

Информация, формируемая индикатором структуры, представляет собой некоторый признак, косвенно указывающий на то, что к настоящему моменту времени сформировалась та или иная структура, непосредственное наблюдение которой недоступно. Характеристики индикатора



структуры моделируются марковской цепью с состояниями, определяемыми вероятностью $\pi_k(r_k|s_k)$, где r_k — признак структуры. Например, возможны две структуры организации: $s = 1$ и $s = 2$. Индикатор может выдавать значения 1 и 2, косвенно указывающие на номер структуры. Тогда $\pi_k(1|1)$ — есть вероятность того, что индикатор выдаст значение 1 при $s = 1$, а $\pi_k(2|1)$ — вероятность того, что при той же структуре индикатор выдаст значение 2.

Вероятность $\pi_k(r_k|s_k)$ не является вероятностью той или иной структуры, она представляет собой лишь условную вероятность некоторого контрольного события r_k при гипотезах о номерах структур. Контрольное событие r_k выступает в роли так называемого «обновляющего процесса», обеспечивающего процедуру идентификации структуры текущей апостериорной информацией.

Совокупность всех возможных значений $\pi_k(r_k|s_k)$ можно назвать вероятностной характеристикой индикатора, отражающей его способность выполнять свою функцию. Очевидно, что эта характеристика зависит от уровня информационной погрешности v (см. рис. 1), с помощью которой моделируется эффективность (точность) работы подразделения или лица, отвечающего за мониторинг структуры. Чем выше информационная погрешность (т. е. чем хуже работает индикатор), тем ниже вероятность того, что в условиях объективно сформировавшейся структуры будет зафиксирован признак именно этой структуры.

Измерение фазовых координат (наблюдение за характеристиками работы организации) описывается уравнением

$$z_k = \Psi_k(x_k, z_{k-1}, s_k, u_{k-1}, \theta_{k-1}, J_k).$$

Зависимость измерения фазовых координат от предыдущего измерения z_{k-1} указывает на марковский характер измерений, когда вся предыстория измерений содержится в предыдущем измерении. Такая модель измерений технико-экономических переменных в организационных системах представляется наиболее адекватной.

В целом же задача обработки информации в системе ССС состоит в оценивании *обобщенного вектора* текущего состояния организации $\{x_k^T, s_k^T\}$, который включает в себя вектор фазовых координат и индекс структуры, сформировавшейся к текущему моменту времени.

Для определения оптимальных оценок обобщенного вектора состояния организации необходимо задать критерий в виде функции потерь, отражающей основные экономические и иные требования, предъявляемые к организации.

В общем виде задача оптимальной обработки информации в системах ССС заключается в определении апостериорной плотности вероятности обобщенного вектора состояния системы

$$\hat{f}_k(x_k, s_k) = f_k(x_k, s_k | z_{0:k}, r_{0:k})$$

на основе наблюдения $z_{0:k}, r_{0:k}$ на интервале времени $[0, k]$.

Определение апостериорной плотности вероятности обобщенного вектора состояния представляет собой «многоканальный» байесовский алгоритм, где под «каналами» понимаются структуры системы, составляющие множество S [8]. Основное достоинство такого алгоритма заключается в совместном распознавании структуры и оценивании фазовых координат.

Как видно, общая постановка задачи обработки информации в системах ССС предполагает построение плотности вероятности обобщенного вектора состояния на основе всей истории измерений. Однако в абсолютном большинстве практических задач управления социально-экономическими организационными структурами отсутствуют качественные априорные данные, имеют место неполнота и недостоверность наблюдений, а также отсутствуют данные об истории наблюдений. Применение в этих случаях оптимальных байесовских алгоритмов становится невозможным. Приемлемую точность оценивания могут обеспечить приближенно-оптимальные алгоритмы, основанные, например, на методе двухмоментной параметрической аппроксимации [8, 9]. В основе метода лежит замена неизвестных условных плотностей $\hat{f}_k(x_k|s_k)$ известными, зависящими не более чем от двух первых моментов этих условных распределений, при предположении о марковости процесса измерения фазовых координат.

Пример 1. Рассмотрим алгоритм оценивания состояния структуры и фазовых координат организации. Пусть конечное множество структур организации на рассматриваемом этапе ее жизненного цикла состоит из двух элементов: $S = \{s_1, s_2\}$, где s_1 — структура управления, характеризующаяся доминированием бюрократических (механистических) принципов взаимодействия, s_2 — организационная структура, отличительная особенность которой состоит в преобладании неформальных связей и процедур, способствующих эффективной адаптации процессов управления к изменениям внешних условий. Разумеется, категоричное деление особенностей управления на две противоположные структуры условное и достаточно грубое.

В реальных задачах множество S может быть расширено благодаря «промежуточным» формам.

При переходе организации со стадии формализации к стадии совершенствования [3] процесс смены бюрократической структуры органически закономерен и желателен, однако в большинстве случаев недостаточно наблюдаем и, тем более, управляем. Допустим, что анализ деятельности организации, а также результаты бенчмаркинга позволили менеджменту организации сделать следующие априорные выводы (первая группа априорных данных): на данной стадии жизненного цикла вероятность перехода организации из состояния s_1 в состояние s_2 достаточно велика и составляет $q(s_2|s_1) = 0,7$. Соответственно, $q(s_1|s_1) = 0,3$ — вероятность сохранения бюрократического типа структуры. Вероятность «возврата» в бюрократию мала — $q(s_1|s_2) = 0,1$, при высокой вероятности сохранения органических принципов управления — $q(s_2|s_2) = 0,9$.

Вторая группа априорных данных включает в себя вероятности правильной и ложной работы «индикаторов» — системы мониторинга структуры. При невозможности всестороннего и полного охвата текущих структурных особенностей прямым контролем «индикатор» позволяет реализовать косвенное наблюдение. Пусть в качестве наблюдаемого параметра, косвенно характеризующего состояние структуры, принята частота согласований r оперативных задач на базовом уровне управления. Очевидно, высокое значение этого параметра характеризует предельную централизацию управления, косвенно указывая на механистические признаки. Предположим, что работа «индикатора» характеризуется следующими параметрами на каждом шаге анализа: $\pi(r = 1|s_1) = 0,8$ — вероятность того, что в условиях структуры s_1 «индикатор» зафиксирует, по крайней мере, одно согласование r в единицу времени (например, за один месяц); $\pi(r = 0|s_1) = 0,2$ — вероятность отсутствия согласования r при структуре s_1 ; $\pi(r = 0|s_2) = 0,75$ — вероятность отсутствия согласования r при структуре s_2 ; $\pi(r = 1|s_2) = 0,25$ — вероятность, по крайней мере, одного согласования r при структуре s_2 . Очевидно:

$$\begin{aligned}\pi(r = 1|s_1) + \pi(r = 0|s_1) &= 1, \\ \pi(r = 1|s_2) + \pi(r = 0|s_2) &= 1.\end{aligned}$$

К третьей группе априорных сведений относится начальная вероятность нахождения организации в той или иной структуре: $\tilde{p}(s_1) = 0,85$; $\tilde{p}(s_2) = 1 - \tilde{p}(s_1) = 0,15$.

Тогда апостериорная вероятность нахождения организации в той или иной структуре определится в соответствии с байесовским принципом [8]:

$$\begin{aligned}\hat{p}(s_1) &= \frac{\pi(r|s_1)q(s_1|s_1)\tilde{p}(s_1) + \pi(r|s_2)q(s_1|s_2)\tilde{p}(s_2)}{\sum_{l=1}^2 \sum_{j=1}^2 \pi(r|s_j)q(s_l|s_j)\tilde{p}(s_j)}, \\ \hat{p}(s_2) &= 1 - \hat{p}(s_1).\end{aligned}$$

Пусть в течение контрольной единицы времени событие r не состоялось ни разу, тогда апостериорная вероятность сохранения бюрократических принципов управления

$$\begin{aligned}\hat{p}(s_1) &= (0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,85 + \\ &+ 0,75 \cdot 0,1 \cdot 0,15) / [(0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,85 + 0,75 \cdot 0,1 \cdot 0,15) + \\ &+ (0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,85 + 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,15)] \approx 0,11,\end{aligned}$$

$$\hat{p}(s_2) = 1 - \hat{p}(s_1) \approx 0,89.$$

Таким образом, вероятность преобладания в структуре организации адаптивных принципов управления в течение контрольного месяца увеличилась с 0,15 до 0,89.

Пусть в качестве фазовой переменной x внутренней среды организации в рассматриваемой задаче принята производительность труда менеджмента. Предположим, что переменная x не наблюдаема. Очевидно, что ее значение будет зависеть от типа структуры (s_1 или s_2):

$$x = \begin{cases} F_1(u, s_1) & \text{при } s = s_1, \\ F_2(u, s_2) & \text{при } s = s_2. \end{cases}$$

При известных функциях F_1 и F_2 оценкой фазовой переменной x будет величина

$$\hat{x} = F_1(u, s_1)\hat{p}(s_1) + F_2(u, s_2)\hat{p}(s_2).$$

Комплексность процесса управления организацией в соответствии с концепцией теории систем ССС заключается в формировании объединенного вектора управленческого воздействия $\{u_k^T, \theta_k^T\}$, включающего в себя как управление фазовыми координатами, так и управление структурой. Тогда оптимальное управление определится как

$$\{u_k^T, \theta_k^T\}_{\text{opt}} = \arg \min_{u_k \in U_k, \theta_k \in \Theta_k} J,$$

где J — показатель качества (эффективности) управления организацией³, U_k и Θ_k — области воз-



возможных значений управлений u_k и θ_k в момент времени k . ♦

Пример 2. Пусть промышленное предприятие может выпускать продукцию, используя либо одну (структура s_1), либо две (структура s_2) производственные линии. Структура s_1 менее затратная по сравнению со структурой s_2 ($C_1 < C_2$, где C_1 и C_2 — издержки эксплуатации одной и двух линий соответственно). Управление структурой заключается в выборе структуры s_1 или s_2 на каждом шаге управления⁴.

Однако при прочих равных условиях структура s_1 обеспечивает меньший объем производства продукции Q , чем структура s_2 . Объем производства Q (в денежном выражении) представляет собой фазовую координату x .

Другой способ увеличения объема производства состоит в увеличении скорости конвейера производственной линии V , т. е. скорость движения конвейера представляет собой управление $u \in [0, V_{\text{пред}}]$, где $V_{\text{пред}}$ — предельно допустимая скорость конвейера (по нормам условий труда). Однако увеличение скорости конвейера влечет за собой увеличение издержек из-за стимулирующих выплат персоналу, работающему в сложных условиях.

Таким образом, издержки и объем производства продукции являются функциями структуры предприятия и скорости конвейера: $C = C(s, V)$, $Q = Q(s, V)$.

Требуется определить оптимальное управление производством $\{u, \theta\}_{\text{opt}}$ по критерию максимума функционала $J = Q(s, V) - C(s, V)$.

Очевидно, что управленческое решение u о выборе скорости конвейера будет зависеть от решения θ о выборе структуры. В то же время выбор структуры зависит от выбора скорости. Именно эта взаимосвязь при принятии комплексного решения иллюстрируется на рис. 1 третьей парой перекрестных связей. Согласно концепции теории ССС, интерес представляет именно комплексная (одновременная) оптимизация вектора $\{u, \theta\}$. ♦

В самом общем случае синтез оптимального управления организацией как динамической стохастической системой ССС основывается на методе динамического программирования в сочетании с

байесовским подходом к обработке информации [10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложность и многогранность деятельности современных хозяйственных организаций, действующих в условиях неопределенной и высокоподвижной внешней среды, заставляют исследователей и практиков обращаться к разнообразным моделям социально-экономических систем.

Модели организаций, основанные на концепции теории систем со случайной скачкообразной структурой, представляют собой наиболее общий способ формализации сложных социально-экономических процессов, с учетом их разрывности и структурной вариативности.

Теория систем со случайной скачкообразной структурой позволяет синтезировать оптимальные и приближенно-оптимальные алгоритмы управления организационными системами, с учетом практической необходимости комплексного управления как состоянием, так и процессом изменения структуры организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малин А.С., Мухин В.И. Исследование систем управления. — М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004.
2. Организация производства и управление предприятием. Учебник / Под ред. О.Г. Туровца. — М.: Инфра-М, 2002.
3. Дафт Р. Теория организации. — М.: ЮНИТИ, 2006.
4. Казаков И.Е., Артемьев В.М., Бухалев В.А. Анализ систем случайной структуры. — М.: Наука, 1993.
5. Складаревич А.Н. Введение в статистическую динамику систем с возможными нарушениями. — Рига: Зинатне, 1976.
6. Артемьев В.М. Теория систем со случайными изменениями структуры. — Минск: Высшая школа, 1979.
7. Казаков И.Е., Артемьев В.М. Оптимизация динамических систем случайной структуры. — М.: Наука, 1980.
8. Бухалев В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. — М.: Наука, 1996.
9. Бухалев В.А. Оптимальное управление в системах со случайной скачкообразной структурой // Изв. РАН. Техническая кибернетика. — 1992. — № 4.
10. Аоки М. Оптимизация стохастических систем. — М.: Наука, 1971.
11. Беллман Р. Динамическое программирование. — М.: Иностранная литература, 1960.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Д.А. Новиковым.

Михненко Павел Александрович — канд. техн. наук, зав. кафедрой, Московская финансово-промышленная академия, ☎ (495) 684-50-60, e-mail: mpa69@yandex.ru, pmihnenko@mpra.ru

³ В ряде задач из-за особенностей показателя качества минимизация может заменяться максимизацией функционала.

⁴ Для упрощения, в задаче не учитывается снижение рентабельности предприятия при простое одной из линий.