



МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

А.Н. Соломатин, В.Р. Хачатуров

Рассмотрена специфика стратегического контроля как завершающего этапа процесса стратегического управления регионом. Предложена общая модель динамической нестационарной системы и как ее частные случаи — модели систем для различных способов управления. Предложены методики мониторинга отклонений, мониторинга возмущений внешней среды и мониторинга кризисных ситуаций, а также интегрированный алгоритм мониторинга реализации стратегий, объединяющий эти методики для целей практического применения. Рассмотрено применение динамического проектирования при корректировке и адаптации стратегий регионального развития.

Ключевые слова: стратегическое управление регионом, стратегический контроль, мониторинг реализации стратегий, корректировка стратегий.

ВВЕДЕНИЕ

В течение многих лет в Вычислительном центре им. А.А. Дородницына РАН ведется работа по созданию автоматизированных систем регионального планирования и проектирования, обеспечивающих решение задач комплексного освоения территорий. Сформировалось научное направление — «региональное программирование» [1], созданы математические модели, методы и алгоритмы для решения задач долгосрочного планирования освоения добывающих регионов [2].

В целях дальнейшего развития проблематики долгосрочного планирования в современных условиях в работе [3] предложены формализованные модели для некоторых этапов процесса стратегического управления [4, 5]. В дальнейшем они были адаптированы в работах [6, 7] для решения задач стратегического управления региональными системами [8, 9], которые составляют важнейший класс крупномасштабных систем [10].

Принципиальный этап стратегического управления регионом — стратегический контроль реализации стратегий, который наиболее полно отражает сущность процесса управления и обеспечивает замыкание контура обратной связи этого процесса; содержание стратегического контроля составляют мониторинг реализации, корректировка и адаптация стратегий регионального развития [11].

Методы контроля необходимы для самых различных типов управления, включая оперативное, индикативное, стратегическое и программно-целевое [12] управление; последние два типа управления широко применяются для решения региональных задач. Основные отличия стратегического и программно-целевого управления в контексте применения в них методов контроля состоят в следующем.

Стратегическое управление регионом является результатом адаптации западного корпоративного менеджмента для решения региональных задач. Основной акцент делается на анализе внутренней и внешней среды, учете конкуренции и нестабильности среды, формализации стратегий и др.

Программно-целевое управление родилось в условиях плановой экономики и в основном ориентировано на решение задач государственного управления, включая решение региональных задач. Основной акцент делается на конкретизации целей и задач, учете ресурсных ограничений, формировании программ, проектов и системы управления их реализацией.

Можно предположить, что для решения задач регионального развития целесообразен синтез этих двух методов управления, объединяющий их сильные стороны и использующий инвариантные к типам управления методы контроля.

Настоящая статья посвящена рассмотрению специфики и основных составляющих стратеги-

ческого контроля как завершающего этапа процесса стратегического управления регионом.

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Для стратегического контроля можно определить категориальные элементы, образующие в совокупности систему контроля [13]: субъект, объект, предмет, цель, задачи и критерии, принципы и требования, виды контроля, методы, технику и технологию, процесс и этапы, результаты контроля и др.

Цель стратегического контроля состоит в том, чтобы полученные при реализации стратегии результаты были близки к требуемым стратегическим целям. Критерии успешности контроля определяются, исходя из достижения целей, а их на обобщенном уровне у системы две: результативность (степень достижения целей) и эффективность.

Основные задачи стратегического контроля для региональной социально-экономической системы (РСЭС): оценка состояния и динамики развития региона; определение причин, источников и характера угроз; прогнозирование последствий реализации угроз; разработка корректирующих воздействий.

Основные принципы контроля — непрерывность, своевременность, разновременность управляющих воздействий, учет инерционности, учет ретроперспективы, ориентация на результат, простота и экономичность.

Стратегический контроль состоит из следующих этапов: установление целей, выработка критериев оценки и оценочных показателей, определение размера отклонений, сбор и обработка данных, сравнение оценочных показателей с целевыми, выявление значимых отклонений, анализ причин отклонений, принятие корректирующих воздействий или пересмотр критериев.

Рассмотрим взаимодействие этих категориальных элементов. Субъект контроля проводит контроль объекта контроля; субъект преследует определенные цели, формализованные в виде критериев оценки процесса контроля, для чего решает основные задачи контроля. При этом он руководствуется основными принципами контроля, учитывает факторы влияния среды, ограничения, требования и имеющиеся в его распоряжении ресурсы. Далее, субъект выбирает необходимые способы и методы контроля, которые адекватны ситуации, объединяет их в определенную технологию и реализует с их помощью этапы процесса контроля. Субъект стремится избежать возможных проблем, возникающих в процессе контроля, и получает результаты контроля.

2. МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ

Процесс функционирования и развития РСЭС следует рассматривать как процесс функционирования и развития сложной самоорганизующейся системы в нестабильной среде. Основные свойства таких систем — открытость, нелинейность, нестационарность, неравновесность, адаптивность, целенаправленность, слабая структурированность и др. Поэтому для изучения процесса стратегического управления целесообразно привлечение терминологии аппарата теории систем, теории управления и системного анализа [14–16].

Функционирование РСЭС может быть описано с помощью обобщенной модели динамической нестационарной системы [11, 17]:

$$y^\tau(t) = F^\tau(x^\tau(t)).$$

Здесь $z^\tau(t) \equiv (x^\tau(t), y^\tau(t))$, $z^\tau(t) \in Z^\tau$, $x^\tau(t) \equiv (u^\tau(t), v^\tau(t))$, где $z^\tau(t)$ — переменные (параметры) системы, Z^τ — область изменения параметров при $t \geq t_0$, $y^\tau(t)$ — фазовые переменные (траектория) системы, $u^\tau(t)$ — параметры управления, $v^\tau(t)$ — неуправляемые параметры (возмущения среды). Индекс τ означает, что по сравнению с начальным моментом времени t_0 при $\tau \geq t_0$ область изменения параметров Z , целевая область G и сама система F могут изменяться. Цель развития системы — попадание системы в заданное целевое множество $F^\tau \subset Y^\tau$ в последний момент времени интервала $[\tau, T(\tau)]$, т. е. $y^\tau(T(\tau)) \in G^\tau$.

Стратегия (план, проект) развития системы определяется как $\pi^\tau(t) \equiv (u^\tau(t), y^\tau(t)) \equiv (u^\tau, y^\tau) \equiv \pi^\tau$, а реальный проект $\bar{\pi}^\tau$ [1] как проект, наилучший в некотором смысле по многим критериям оценки. Для реального проекта траектория движения системы $\bar{y}^\tau(t)$ на интервале времени $[\tau, \bar{T}(\tau)]$ должна:

— быть допустимой, т. е. $\bar{y}^\tau(t) = F^\tau(\bar{x}^\tau(t))$, $(\bar{x}^\tau(t), \bar{y}^\tau(t)) \in Z^\tau$, $t \in [\tau, \bar{T}(\tau)]$;

— попадать в целевую область, т. е. $\bar{y}^\tau(\bar{T}(\tau)) \in G^\tau$;

— быть наилучшей в некотором смысле, то есть соответствовать реальному проекту $\bar{\pi}^\tau$.

Определим модели динамических систем для различных способов управления [14, 16] как частные случаи приведенной обобщенной модели динамической нестационарной системы. Способы различаются степенью адаптивности и возможностями корректировки траекторий развития сис-



темы на основании результатов мониторинга реализации.

Введем дополнительно обозначения: d — время задержки (память системы), отражающее инерционность системы; $y^{\tau}(t)$ — фактическая траектория движения системы в пространстве состояний; $\bar{y}^{\tau}(t)$ — плановая траектория в соответствии с разработанной стратегией.

Программное управление (жесткое, без обратных связей):

$$y(t) = F(u(t)).$$

Предусматривает выполнение заранее заданной программы, которая реализуется без учета фактического состояния объекта управления и воздействий среды. Применяется при несущественном влиянии среды. Пример — баллистическая ракета.

Управление по возмущениям (компенсационное, разомкнутое):

$$y(t) = F(u(t, v(t)), v(t)).$$

Управляющая система измеряет возмущения среды и формирует с их учетом компенсирующие управляющие воздействия, которые корректируют закон управления. Здесь значение управления зависит не от поведения объекта, а только от возмущений. Применяется, если диапазон изменений среды ограничен. Пример — кондиционер.

Управление по отклонению (с обратной связью, замкнутое):

$$y(t) = F(u(t, y(t-d), \bar{y}(t-d)), v(t)).$$

Находится закон изменения системы (например, при помощи моделирования), определяется расхождение с ним реальной траектории движения системы и строится управление, которое должно минимизировать рассогласование и обеспечить возврат на запланированную траекторию. Примеры — паровой котел, автопилот.

Адаптивное управление:

$$y(t) = F(u(t, v(t), y(t-d), \bar{y}(t-d)), v(t)).$$

В системе имеется два контура управления — по отклонению и по возмущениям, что обеспечивает устойчивое функционирование при произвольных возмущениях внешней и внутренней среды. Пример — безработица при капитализме (обратная связь) смягчается социальными программами (компенсация возмущений).

Терминальное управление:

$$y(t) = F(u^{\tau}(t, v(t), y(t-d), \bar{y}(t-d)), v(t)).$$

Оно предполагает совмещение процессов управления и синтеза управления, то есть при необходимости может изменяться закон управления;

по мере приближения к цели качество управления возрастает. Пример — игра в гольф.

Управление по параметрам:

$$y^{\tau}(t) = F(u^{\tau}(t, v(t), y^{\tau}(t-d), \bar{y}^{\tau}(t-d)), v(t)).$$

Применяется, когда невозможно задать программную траекторию на весь период управления либо когда при больших отклонениях от этой траектории ее невозможно исправить. В этом случае производится подстройка параметров системы, пока траектория не попадет в целевую область. Примеры — адаптация животных к среде, вождение автомобиля.

Адаптация по целям:

$$y^{\tau}(t) = F(u^{\tau}(t, v(t), y^{\tau}(t-d), \bar{y}^{\tau}(t-d)), v(t), y^{\tau}(T(\tau)) \in G^{\tau}.$$

Если управление по параметрам не привело к успеху, то следует изменить цель на новую, достаточно близкую к первоначальной, но более адекватную для системы при заданных ресурсах. Пример — действия игрока при игре в футбол.

Структурная адаптация:

$$y^{\tau}(t) = F^{\tau}(u^{\tau}(t, v(t), y^{\tau}(t-d), \bar{y}^{\tau}(t-d)), v(t)).$$

Если не нашлось такой комбинации значений управляемых параметров и таких целей, чтобы траектория системы пересекла целевую область, то это может быть достижимо для другой системы, базирующейся на исходной. Поэтому морфология системы (состав элементов, структура) изменяются таким образом, чтобы обеспечить попадание в целевую область. Пример — реконструкция предприятия при переходе на выпуск новой продукции.

Перечисленные способы управления упорядочены по усилению влияния на управляемую систему: ничего не менять, изменить управление, изменить параметры, изменить траекторию движения, изменить цели, изменить морфологию системы; применение каждого способа обычно предполагает применение предыдущих способов.

3. МОНИТОРИНГ ОТКЛОНЕНИЙ

В процессе контроля реализации региональных стратегий предлагается одновременно осуществлять сразу несколько видов мониторинга: мониторинг отклонений, мониторинг сигналов среды и мониторинг кризисных явлений. Очевидна взаимная связь этих видов мониторинга: так, рост возмущений среды может привести к кризисным явлениям и поэтому к проблемам с реализацией стратегии.

Мониторинг отклонений составляет основу мониторинга реализации стратегий и обеспечивает оценку отклонений реальной динамики показателей системы от прогнозных значений.

В стратегическом управлении широкое распространение получила концепция сбалансированной системы показателей (Balanced Scorecard) [4], в соответствии с которой цели системы подразделяются на направления, и для каждой цели определяются основные непротиворечивые показатели ее достижения — ключевые показатели эффективности. Выделение ключевых показателей согласуется с результатами синергетики, когда в процессе самоорганизации сложных систем выделяется небольшое число так называемых параметров порядка, к которым подстраиваются остальные [18].

При мониторинге отклонений сравнивается фактическая динамика каждого показателя с прогнозными значениями, полученными при моделировании и характеризующими стратегию развития РСЭС. Для каждого ключевого показателя задается максимальное допустимое отклонение от плановой величины в абсолютных или относительных единицах. Кроме того, сравнение может проводиться с эталонными данными, такими как критические (пороговые) данные, данные за прошедшие периоды времени, данные регионов-лидеров и регионов-конкурентов.

Пусть на интервале времени $[1, T]$ обеспечивается выполнение n стратегических целей, причем выполнение каждой i -й цели со значимостью g_i , $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, характеризуется показателями из множества $J_i \subseteq J$, где $J = \{1, 2, \dots, m\}$ — множество номеров контролируемых ключевых показателей эффективности.

Пусть далее для всех $t \in \{1, 2, \dots, T\}$ и $j \in J$ известны функции $P_j(t)$ и $F_j(t)$ — прогнозная и фактическая динамика показателя с номером j , w_j — нормированные веса, характеризующие значимость показателей, и некоторые пороговые значения d_j и r_j .

Для каждой i -й цели определяется множество показателей $J_i = J_i^1 \cup J_i^2 \cup J_i^3$, где $J_i^2 \cap J_i^3 = \emptyset$, $|J_i^1 \cap J_i^2| \geq 0$, $|J_i^1 \cap J_i^3| \geq 0$ и для каждого показателя из J_i^k , $k = 1, 2, 3$, контролируется, чтобы его значения не выходили за пределы допустимого отклонения от плана d_j и за пределы диапазона критических фактических значений $[r_j^1, r_j^2]$.

Далее на основании результатов мониторинга рассчитываются показатели:

$D_j^1(t) = |F_j(t) - P_j(t)/d_j|$, $j \in J_i^1$ — относительное отклонение фактического значения j -го показателя от планового значения;

$D_j^2(t) = \max((F_j(t) - r_j)/r_j^2, 0)$, $j \in J_i^2$ — то же, выше критического значения;

$D_j^3(t) = \max((r_j - F_j(t))/r_j^1, 0)$, $j \in J_i^3$ — то же, ниже критического значения.

Тогда интегральная степень отклонения от стратегических целей системы рассчитывается в динамике как

$$D(t) = \sum_{i=1}^n g_i \left(a_1 \sum_{j \in J_i^1} w_j D_j^1(t) + a_2 \sum_{j \in J_i^2} w_j D_j^2(t) + a_3 \sum_{j \in J_i^3} w_j D_j^3(t) \right),$$

где a_1, a_2, a_3 — нормированные веса.

В процессе мониторинга отклонений для каждой i -й цели может быть построено множество «проблемных» показателей, для которых выявлено устойчивое отклонение от плановых значений либо устойчивое несоответствие критическим значениям:

- $\tilde{J}_i^1 \subseteq J_i^1$, где для любого показателя с номером $j \in \tilde{J}_i^1$ устойчиво $|F_j(t) - P_j(t)| > d_j$;
- $\tilde{J}_i^2 \subseteq J_i^2$, где аналогично $P_j(t) > r_j^2$;
- $\tilde{J}_i^3 \subseteq J_i^3$, где аналогично $P_j(t) < r_j^1$.

Из-за нелинейности РСЭС не всегда можно решить обратную задачу, т. е. определить причину полученных отклонений в реализации стратегии и необходимые для нейтрализации этих отклонений действия. Поэтому целесообразно применение факторного анализа: разложив по факторам влияния «проблемные» выходные показатели РСЭС

$\tilde{J} = \bigcup_{i=1}^n \tilde{J}_i$, $|\tilde{J}| = l$, можно выбрать для последующего изменения те показатели, которые имеют

наибольшие веса в разложениях вида $y_k = \sum_{j=1}^m \alpha_{kj} x_j$,

$y_k \in \tilde{J}$, $k = \overline{1, l}$.

4. МОНИТОРИНГ ВОЗМУЩЕНИЙ СРЕДЫ

В литературе по стратегическому управлению стало общим местом положение о нестабильности современной бизнес-среды [4, 5]; имеется в виду рост новизны, частоты, быстроты, непредсказуемости, хаотичности и разнообразия изменений с одновременным ростом сложности возникающих проблем. Все это ухудшает возможности управления, поскольку по принципу необходимого разнообразия Эшби для успешного управления раз-



нообразии субъекта управления должно быть не меньше разнообразия объекта управления [15].

Степень нестабильности обычно оценивается на основе шкалы И. Ансоффа — интервальной шкалы с балльными оценками [5], где нестабильность среды определяется как среднее арифметическое трех характеристик нестабильности — привычности, темпа и предсказуемости изменений. При нестабильности выше 3,5 балла имеет место сложная и труднопредсказуемая обстановка, в которой наиболее целесообразно управление на основе гибких экспертных решений (управление по «слабым сигналам», ранжирование стратегических задач, управление в условиях стратегических неожиданностей) [5]. Нетрудно видеть, что в методике Ансоффа рассматриваются не все характеристики нестабильности внешней среды, причем отсутствует должная степень формализации.

Введем следующие характеристики нестабильности:

а) относящиеся к сущности событий внешней среды: сила, интенсивность события (x_1) и скорость протекания события, темп изменений (x_2);

б) временные характеристики события: вероятность (частота) возникновения события (x_3) и непредсказуемость события (x_4);

в) относящиеся к влиянию события на систему: глубина влияния события на систему (x_5) и срочность решения задач, возникающих при воздействии события (x_6).

При расчете уровня нестабильности внешней среды предполагается, что:

— элементный состав множества $E(t)$ рассматриваемых случайных событий среды изменяется во времени;

— характеристики внутри каждой из групп а, б и в взаимно усиливают влияние друг друга, поэтому при расчетах используется сумма произведений значений характеристик.

Тогда уровень нестабильности может быть рассчитан по формуле:

$$N(t) = \sum_{x \in E(t)} (c_1 x_1 x_2 + c_2 x_3 x_4 + c_3 x_5 x_6),$$

где c_i , $i \in \{1, 2, 3\}$ — нормированные веса, а $x = (x_1, \dots, x_6)$ — вектор характеристик нестабильности из групп а, б и в.

5. МОНИТОРИНГ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Наряду с мониторингом отклонений и возмущений внешней среды при стратегическом контроле реализации стратегий регионального развития необходим мониторинг кризисных явлений.

Кризис определяется как маловероятное событие, способное угрожать жизнедеятельности системы, характеризующееся неопределенными причинами и труднопредсказуемыми последствиями, требующее принятия немедленных решений [4].

Переход от рядовых отклонений и возмущений среды к кризисным явлениям в развитии системы происходит непрерывно и незаметно: все зависит от размера отклонений и возмущений, а также от темпов их роста. Такая динамика развития кризисов согласуется и с положениями диалектики (переход количества отклонений и возмущений в новое качество — кризис), и с результатами синергетики, относящимися к режимам с обострением [18], когда параметры системы неожиданно начинают неограниченно возрастать за ограниченное время. Механизм кризиса «запускается» субъектами внешней и внутренней среды системы, которые инициируют процесс следования одного за другим цепочки взаимозависимых негативных явлений (контур положительной обратной связи).

Кризисные явления предлагается диагностировать по следующим характеристикам изменений (отклонений и возмущений среды): интенсивность изменений (темпы прироста), неустойчивость изменений (изменчивость уровня колебаний) и неравномерность изменений для различных показателей.

• Предлагается измерять, как это делается в эффективных технических регуляторах (например, в ракете, автопилоте), не только значение отклонения некоторого показателя $D(t)$, но и его динамические характеристики — первую производную (скорость роста отклонения) $D'(t)$ и вторую производную (ускорение) $D''(t)$, которые служат точными и ранними признаками возникающих проблем [14]. Это позволяет даже при малом отклонении вырабатывать управления с упреждением и с учетом характера отклонения, не допуская его рост даже при сильных воздействиях. В зависимости от соотношений знаков производных возможны различные перспективы развития кризиса: от самых неблагоприятных при $D'(t) > 0$, $D''(t) > 0$ до самых благоприятных при $D'(t) < 0$, $D''(t) < 0$.

Аналогично, на основе динамики уровня нестабильности среды $N(t)$ можно определить показатели интенсивности роста нестабильности среды — производные $N'(t)$ и $N''(t)$.

• В теории катастроф [18] известны так называемые флаги катастроф, важнейшие из которых — нарастание амплитуды и частоты колебаний характеристик системы, свидетельствующие о неустойчивости происходящих в ней процессов. Поэтому в качестве показателей неустойчивости предлагается рассматривать дисперсию ди-

намики отклонений $\hat{D}(t)$ и дисперсию динамики возмущений среды $\hat{N}(t)$.

- О нарастании кризисных явлений будет свидетельствовать также усиление неравномерности поведения различных показателей. Так, в модели динамик показателей [5] необходимо, чтобы для различных сфер деятельности компании выдерживались заданные соотношения между темпами роста основных показателей. Например, для сферы материального производства должно выполняться соотношение $ВВП > ФП > ФН$, где $ВВП$, $ФП$ и $ФН$ — соответственно, темпы роста ВВП, фонда потребления и фонда накопления.

Пусть s — число основных сфер деятельности РСЭС, $R_k(t)$, $k \in \{1, 2, \dots, s\}$ — доля невыполняемых контролируемых соотношений (заданных в виде уравнений и неравенств) между темпами роста показателей для k -й сферы, а b_k — нормированные веса, характеризующие значимость каждой k -й сферы. Тогда показатель неравномерности изменений есть

$$C_1(t) = \sum_{k=1}^s b_k R_k(t).$$

- Наконец, кризис можно рассматривать как внутрисистемное явление, которое характеризуется недостаточной эффективностью \mathcal{E} функционирования системы [5], когда имеет место завышение компанией оценки своей хозяйственной деятельности по отношению к оценке этой деятельности рынком и результаты функционирования (доходы) B не покрывают расходы на обеспечение функционирования P :

$$\mathcal{E} = B/P.$$

Для РСЭС можно ввести производный динамический показатель неэффективности функционирования:

$$C_2(t) = 1/\mathcal{E}(t).$$

Тогда итоговая формула для динамической оценки близости кризисных явлений в развитии РСЭС может быть построена как взвешенная сумма показателей интенсивности (первые четыре слагаемых формулы), неустойчивости (следующие два слагаемых) и неравномерности (последние два слагаемых) изменений:

$$C(t) = c_1 D'(t) + c_2 D''(t) + c_3 N'(t) + c_4 N''(t) + c_5 \hat{D}(t) + c_6 \hat{N}(t) + c_7 C_1(t) + c_8 C_2(t),$$

где c_i , $i \in \{1, 2, \dots, 8\}$, — нормированные веса, отражающие значимость каждой методики для конкретной РСЭС.

6. ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ МОНИТОРИНГА

Особенности стратегического контроля определяются следующими особенностями РСЭС как сложных нестационарных систем в условиях неустойчивой среды:

- ограниченность формализованного описания и анализа РСЭС;
- ограниченность моделирования и прогнозирования поведения РСЭС на большом интервале времени;
- ограниченность возможности формирования постоянной долгосрочной стратегии, определяющей оптимальную траекторию развития РСЭС;
- влияние среды на систему может варьироваться от слабого до катастрофического, поэтому спектр управлений может меняться от корректировки траектории развития и до изменения морфологии системы;
- процессы управления и синтеза управления могут чередоваться;
- процессы функционирования и развития РСЭС происходят одновременно и налагаются друг на друга.

Относящиеся к стратегическому контролю вопросы исследуются во многих дисциплинах, включая стратегическое управление, теорию управления, теорию систем, синергетику, теорию катастроф, антикризисное управление и др. Очевидно, что региональные власти в процессе управленческой деятельности не могут и не должны по очереди применять каждый из этих формальных аппаратов (вначале анализировать слабые сигналы среды, затем предвестники катастроф, вначале использовать подходы теории управления, потом теории систем и т. д.). Получая на вход единый поток данных о состоянии контролируемой РСЭС, они нуждаются в таком же едином инструменте для анализа этого потока.

Поэтому возникает необходимость в разработке интегрированного подхода к стратегическому контролю, в основе которого должна лежать интеграция в едином процессе мониторинга отклонений, мониторинга внешней среды и мониторинга кризисных явлений.

Предлагается интегрированный алгоритм мониторинга реализации стратегий регионального развития. Суть алгоритма составляют последовательная проверка превышения допустимых уровней значений и проверка наличия ускоряющего роста динамических показателей $C(t)$, $N(t)$ и $D(t)$, формулы для расчета которых приведены выше.

Шаг 1. Определить цели развития РСЭС и относительную важность каждой из целей.



Шаг 2. Разработать систему контролируемых ключевых показателей эффективности и определить важность каждого из показателей в смысле достижения целей РСЭС.

Шаг 3. Для каждого из показателей определить допустимый размер отклонения фактического значения от установленного планового и критические (пороговые) значения.

Шаг 4. Начать реализацию стратегии, положив номер текущего года периода реализации $t = 1$.

Шаг 5. Для каждого ключевого показателя определить фактически достигнутое значение показателя в текущем году с номером t .

Шаг 6. Рассчитать оценку близости кризисных явлений в текущем году $C(t)$.

Шаг 7. Если $C(t) > C_{\max}$ (превышение допустимого уровня) либо $C''(t) > 0$, то перейти к антикризисному управлению.

Шаг 8. Рассчитать уровень неустойчивости внешней среды в текущем году $N(t)$.

Шаг 9. Если $N(t) > N_{\max}$ (превышение допустимого уровня) либо $N''(t) > 0$, то перейти к управлению на основе гибких решений.

Шаг 10. Рассчитать степень отклонения от реализации стратегических целей в текущем году $D(t)$.

Шаг 11. Если $D(t) > D_{\max}$ (превышение допустимого уровня) либо $D''(t) > 0$, то обеспечить устранение отклонений.

Шаг 12. Иначе продолжить мониторинг и перейти к шагу 5 для $t = t + 1$.

Мониторинг должен производиться в реальном режиме времени с интервалом запаздывания, не превышающим промежутка времени, в течение которого необходимо принять решение.

Данный алгоритм может быть существенно усложнен. Для определения типа ситуации может быть использовано гораздо большее количество различных данных, а для выбора одного из четырех перечисленных типов решений — аппарат ситуационного управления.

7. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОРРЕКТИРОВКА СТРАТЕГИЙ

Управление в сложных системах принципиально отличается от обычного: такие системы слабо предсказуемы, в них сложно определить желаемое целевое состояние, наиболее приемлемый путь в это состояние (стратегию движения системы), а также «навязать» этот путь системе при помощи управляющих воздействий [15, 16]. При длительности периода стратегического планирования 15—20 лет в условиях нестабильной среды нереально построить наилучшую по заданным критериям стратегию и следовать ей длительное время. Кроме того, каждая РСЭС представляет собой

развивающуюся систему, в которой одновременно происходят два противоречивых процесса — функционирование и развитие. В связи со всеми этими причинами ранее определенные стратегии могут изменяться во времени.

Пусть область определения параметров системы Z , оператор системы F и целевая область развития системы G , определенные в момент времени τ , могут изменяться при $t \geq \tau$. В этом случае наилучший проект (стратегия, план) $\bar{\pi}^\tau$ также будет изменяться во времени, что приводит к необходимости динамического проектирования с возможностью изменения стратегии в любой момент времени $t \geq \tau$ [1, 17]. Динамическое проектирование состоит из трех этапов.

Этап 1. Определение реального проекта $\bar{\pi}^\tau$, $\tau \geq t_0$.

Этап 2. Слежение за проектом в моменты времени t , $t_0 < \tau \leq t \leq \bar{T}(\tau)$. В режиме слежения оцениваются отклонения фактического состояния системы $(x^\tau(t), y^\tau(t))$ от проектного $(\bar{x}^\tau(t), \bar{y}^\tau(t))$, проверяется, остается ли проект допустимым и реальным при сохранении управления $\bar{u}^\tau(t)$ на интервале $[\tau, \bar{T}(\tau)]$, а также проверяется попадание в целевую область G^τ .

Этап 3. Корректировка проекта в момент времени t , $t_0 < \tau \leq t \leq \bar{T}(\tau)$. Если в результате слежения выясняется, что при сохранении управления $\bar{u}^\tau(t)$ проект перестал быть реальным, то в этот момент времени τ' он корректируется, для чего определяется новый проект $(\bar{u}^{\tau'}(t), \bar{y}^{\tau'}(t))$ и даются рекомендации о способе изменения управления $\bar{u}^\tau(t)$. Для корректировки применяются те же методы, что и для формирования проекта, однако при этом могут решаться и новые задачи.

Если по результатам стратегического контроля корректируются цели и стратегии развития РСЭС, то она переходит в класс адаптивных систем, использующих корректирующую обратную связь. Корректирующая обратная связь, в зависимости от результатов мониторинга, может использоваться для решения следующих задач.

- В более благоприятных случаях вырабатывается корректирующее управляющее воздействие, чтобы вернуть РСЭС на курс реализуемой стратегии. Эффективная система управления должна работать при малых отклонениях параметров, не допуская их опасного нарастания до предельно допустимых значений.
- В менее благоприятных случаях, при существенных изменениях как самой РСЭС, так и ее внешней среды, могут потребоваться и более существенные изменения, реализующие раз-

личные рассмотренные выше способы управления; каждый способ применяется в том случае, если применение предыдущих не привело к успеху:

- терминальное управление (изменение закона управления системы);
- управление по параметрам (изменение параметров и стратегии развития системы);
- адаптация по целям (изменение целей развития системы);
- структурная адаптация (изменение состава и структуры системы).

В процессе адаптации и корректировки стратегий возникает также необходимость решения следующих задач.

- Определить момент корректировки стратегий. С этой целью можно использовать многомерные стратегические матрицы, предложенные в работах [3, 6, 7] как расширение матричных моделей стратегического планирования. Тогда моментом корректировки будет тот момент, когда текущая фактическая траектория системы $y^T(t)$ впервые окажется в каком-либо квадранте многомерной матрицы, отличном от тех, через которые должна проходить построенная ранее плановая траектория $\bar{y}^T(t)$.
- Обеспечить оптимальность новой стратегии. Пусть P_1, G_1 и S_1 — соответственно старое исходное, целевое состояния системы и ее стратегия, P_2, G_2 и S_2 — новые исходное, целевое состояния системы и ее стратегия, а G_3 — будущее состояние системы при реализации существующей стратегии, причем для каждого квадранта многомерной стратегической матрицы заданы все возможные элементарные стратегии [3, 6, 7], переводящие систему в соседние квадранты.

Для формирования новой стратегии S_2 может быть поставлена задача планирования в многомерном пространстве стратегических позиций: требуется построить последовательность элементарных стратегий минимальной стоимости, переводящих систему из точки P_2 в точку G_2 с учетом тенденций ее фактического движения в точку G_3 и с учетом прежней цели G_1 . Для этого могут быть применены методы и алгоритмы, предложенные для синтеза семантических моделей расчетных программ [3, 6, 7].

8. СТРАТЕГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Проблемы реализации стратегии, выявляемые в процессе мониторинга, зачастую обусловлены не ошибками стратегического планирования, а свойствами сложных систем, к каковым относятся

РСЭС, что подтверждается результатами, полученными в синергетике [18, 19].

- В пространстве состояний каждой системы есть так называемая область готовности, отражающая возможности адаптации системы. Если изменения параметров системы превышают возможности ее адаптивного развития, то происходит потеря устойчивости системы. А если цели РСЭС лежат вне области готовности, то они либо не будут достигнуты, либо будут достигнуты с большими затратами.
- Другие важные области пространства состояний системы представляют собой области притяжения (бассейны) аттракторов — таких точек в пространстве состояний, что любая фазовая траектория системы, начальное состояние которой находится в области притяжения аттрактора, обязательно стремится к аттрактору.
- Для сложных систем характерно свойство эквивалентности: динамическая система может приходиться различными путями из различных начальных состояний в одно и то же финальное состояние, определяемое внутренней структурой системы (независимо от начального состояния и изменений среды).
- Траектория развития сложных систем время от времени проходит точки бифуркации, в которых система чувствительна к малым внешним возмущениям и случайным образом может перейти на одну из нескольких новых траекторий развития. В таких точках система максимально управляема и может быть направлена на нужную траекторию минимальным правильным и своевременным воздействием.
- Системы неустойчивы на стадии режимов с обострением, когда за конечное время происходит неограниченный рост значений параметров системы в силу возбуждения нелинейной положительной обратной связи; в таких режимах система находится в стадии асимптотической неустойчивости и возникает угроза ее распада.
- При реализации стратегии важно знать, является ли РСЭС допустимой системой [20], в которой уровень системных патологий и дисфункций, возникающих как результат нарушения принципов построения систем и общесистемных закономерностей, не превышает заданного. В противном случае РСЭС является «не совсем системой» в смысле выполнения цели ее функционирования, что существенно уменьшает как управляемость системы, так и ее способность к самоорганизации.
- Как и любая система, РСЭС обладает собственной циклической динамикой, возникающей в результате наложения и взаимодействия раз-



личных циклов — как глобальных, так и присущих самой системе. Поэтому следует определять стратегические цели и стратегии их достижения не только исходя из потребностей развития РСЭС, но и с учетом того, не противоречат ли они данной циклической динамике и трендам развития системы.

- Как сложная открытая система РСЭС имеет нелинейную траекторию движения и переходит из одних неустойчивых областей в другие; при этом периоды стабильного развития (траектория движения системы хорошо прогнозируется, но с трудом корректируется) сменяются периодами развития кризисных ситуаций (наоборот).

Перечисленные особенности РСЭС как сложной открытой нестационарной системы отражаются на специфике процесса стратегического контроля и мониторинга реализации стратегий: необходимо учитывать внутренние тенденции развития системы и тот факт, что не всякая поставленная цель развития системы и стратегия ее достижения реально осуществимы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективный стратегический контроль позволяет обеспечить достижение основных стратегических целей развития региональной социально-экономической системы, среди которых важнейшая — это обеспечение ее устойчивого развития. При устойчивом развитии, как известно, удовлетворяются потребности настоящего времени, но не ставится под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Поэтому устойчивость развития — более важная стратегическая цель для РСЭС, чем экономический рост и повышение качества жизни населения, а ведущей парадигмой регионального развития должна быть концепция устойчивого развития РСЭС — социально справедливого, экономически эффективного и экологически безопасного в силу природы региона как единой социально-эколого-экономической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хачатуров В.Р.* Математические методы регионального программирования. — М.: Наука, 1989. — 304 с.
2. *Маргулов Р.Д., Хачатуров В.Р., Федосеев А.В.* Системный анализ в перспективном планировании добычи газа. — М.: Недра, 1992. — 287 с.
3. *Соломатин А.Н.* Модели и средства автоматизации стратегического управления газодобывающими предприятиями. — М.: ВЦ РАН, 2005. — 40 с.
4. *Зуб А.Т.* Стратегический менеджмент. Системный подход. — М.: Генезис, 2011. — 847 с.
5. *Экономическая стратегия фирмы* / Под ред. А.П. Градова. — 3-е изд. — СПб.: СпецЛит, 2000. — 589 с.
6. *Соломатин А.Н., Хачатуров В.Р.* Математическое моделирование в стратегическом управлении регионом. — М.: ВЦ РАН, 2007. — 60 с.
7. *Соломатин А.Н.* Разработка многомерных многоуровневых моделей стратегического управления регионом // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009): Тр. третьей междунар. конф. / ИПУ РАН. — М., 2009. — С. 104—116.
8. *Стратегическое управление. Регион, город, предприятие: монография* / Под ред. Д.С. Львова и др. — 2-е изд. — М.: Экономика, 2005. — 603 с.
9. *Сангадиева И.Г.* Методология стратегического управления регионом. — Красноярск, 2006. — 260 с.
10. *Васильев С.Н., Цвиркун А.Д.* Проблемы управления развитием крупномасштабных систем // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2007): Тр. первой междунар. конф. / ИПУ РАН. — М., 2007. — С. 9—14.
11. *Соломатин А.Н., Хачатуров В.Р.* Мониторинг реализации и адаптация стратегий регионального развития. — М.: ВЦ РАН, 2008. — 40 с.
12. *Ириков В.А.* Методы программно-целевого управления, включая бюджетирование, ориентированное на результат: Уч.-метод. пособие. — М.: РосНОУ, 2007.
13. *Гапоненко А.Л.* Стратегия социально-экономического развития: страна, регион, город. — М.: Изд-во РАГС, 2001. — 224 с.
14. *Волкова В.Н., Денисов А.А.* Основы теории систем и системного анализа. — 2-е изд. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. — 512 с.
15. *Прангишвили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. — М.: СИНТЕГ, 2000. — 528 с.
16. *Могилевский В.Д.* Методология систем: вербальный подход. — М.: Экономика, 1999. — 251 с.
17. *Хачатуров В.Р., Хачатуров Р.В.* Математическое моделирование и динамическое проектирование в нефтегазодобывающей промышленности // Наука и техника в газовой промышленности. — 2008. — № 2. — С. 3—22.
18. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. — М.: КомКнига, 2005. — 240 с.
19. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. — М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 288 с.
20. *Соломатин А.Н.* Построение допустимых крупномасштабных систем как условие их управляемости и самоорганизации // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010): Труды четвертой междунар. конф. / ИПУ РАН. — М., 2010. — Т. 1. — С. 18—26.

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

Соломатин Александр Николаевич — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник, ✉ a.n.solomatin@bk.ru,

Хачатуров Владимир Рубенович — д-р физ.-мат. наук, зав. отделом, ✉ vladimir.khachaturov@rambler.ru,

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН
Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» Российской академии наук,
г. Москва.