

УДК 65.072.2

Метод ситуационного управления сложными системами на основе сбалансированной системы показателей*

А.А. ХАНОВА¹, Н.С. УРАЗАЛИЕВ², З.А. УСМАНОВА³

¹ 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, доктор технических наук, профессор. E-mail: akhanova@mail.ru

² 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, аспирант. E-mail: urazaliev.n.s@mail.ru

³ 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, аспирант. E-mail: slataarturovna@gmail.com

В данной работе приводится описание метода формирования и выбора вариантов управленческих решений, включающего определение проблемной ситуации по набору показателей сбалансированной системы показателей и наличия или отсутствия сходных ей ситуаций во множестве типовых ситуаций. Формализована структура процедуры управления, включающая следующие блоки: предварительной обработки, оценки состояния, выдачи управленческих решений, принятия решений. Определен состав блока предварительной обработки, включающий операции загрузки показателей сбалансированной системы показателей, формирования множества существенных показателей, загрузки соответствующего существенным показателям множества управленческих решений по решающей таблице соответствия, устранения дубликатов и противоречий среди множества управленческих решений. Представлено описание процедуры формирования и выдачи управленческих решений по принципу Гурвица, определены критерии выбора управленческих решений, ранжированы функции полезности. Предложен подход к анализу и оценке нечеткой ситуации в сложной системе на основании отклонения значений показателей сбалансированной системы показателей от нормы путем описания ситуации через лингвистические переменные. Учитывая разнообразие структур ситуаций, определяемых стратегическими картами сбалансированной системы показателей для каждой конфигурации сложной системы, перед поиском ситуации, сходной с проблемной ситуацией, предложена процедура просеивания ситуаций. Построена ситуационная модель. Описана процедура выдачи управленческих решений, включающая корректировку множества управленческих решений по составу и параметрам, классификацию и параметризацию управленческих решений. Выделены классы управленческих решений для предложенной процедуры принятия решений на основе имитационной модели. Предложен метод формирования и выбора управленческих решений, сочетающий использование четкой и нечеткой информации о системе. Формализован метод принятия управленческих решений по полученным в результате прогонов имитационной модели значениям показателей сбалансированной системы показателей, сочетающий принципы принятия решений в нечетких представлениях (оценка проблемной ситуации) и в структурированных проблемных ситуациях (выдача управленческих решений).

* Статья получена 22 мая 2015 г.

Ключевые слова: ситуационное управление, сбалансированная система показателей, сложная система, имитационная модель, проблемная ситуация, нечеткая информация, управленческие решения, экспертные оценки

DOI: 10.17212/1814-1196-2015-3-69-82

ВВЕДЕНИЕ

Подход к управлению на основе сбалансированной системы показателей (ССП) [1] состоит в том, что руководитель выбирает стратегию развития сложной системы (СС) [2]. Из множества разрозненных показателей деятельности СС в соответствии с заданной стратегией формируется множество показателей СПП. На основе множества показателей СПП и фактических данных СС формируется стратегическая карта с выделением показателей, существенно влияющих на конфигурацию системы в рассматриваемой ситуации. На основании представленной информации руководитель формирует управленческие решения, направленные на улучшение существенных показателей в рассматриваемой ситуации. Это требует обработки больших массивов статистической и экспертной информации, проверки множества альтернативных гипотез. Однако в теории стратегического управления на основе СПП отсутствуют средства количественной оценки. Следовательно, создание методических основ управления на основе СПП является актуальной задачей.

В данной работе предлагается метод ситуационного управления сложными системами на основе сбалансированной системы показателей.

1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЕНИЯ

Понятие конфигурации сложной системы, исследованное Минцбергом Г. и его коллегами [3], подразумевает устойчивое комплексное ее состояние, соответствующее периоду ее стабильного развития и характеризующее совокупностью различных факторов: стратегией развития и соответствующими показателями, оказываемыми услугами, производимыми продуктами, потребляемыми ресурсами, организационной структурой, применяемыми технологиями, логистическими схемами, методами и моделями, кадровым составом и т. д. В рамках понятия конфигурации функционирование СС представляет собой циклический процесс, который состоит в повторении внутриконфигурационных циклов (*IC*-циклов). *IC*-цикл имеет некую временную протяженность (например, один год, шесть месяцев и т. д.) и состоит из целенаправленных действий – операций p_i , $i = 1, \dots, np$. Для каждой конфигурации (каждого повторения *IC*-цикла) формируется своя система показателей со своей иерархией целей x_i , $i = 1, \dots, nx$. Выполнение операций сопровождается потреблением ресурсов r_i , $i = 1, \dots, nr$ (сырьевых, временных, финансовых, трудовых и т. д.) и вычислением показателей деятельности СС m_i , $i = 1, \dots, nm$. Реализация *IC*-циклов зависит и от воздействия внешней среды – экзогенных факторов v_i , $i = 1, \dots, nv$. В случае отклонения показателей от плановых значений в *IC*-цикле формируется множество управленческих решений y_i , $i = 1, \dots, ny$ для улучшения ситуации. Под ситуацией будем понимать совокупность значений показателей и некоторых произошедших событий.

Проблемная ситуация как некоторое состояние СС возникает при отклонении показателей СПП $M = (m_1, m_2, \dots, m_{nm})$ от базовых (нормативных) значений (запланированных для обеспечения необходимых темпов развития и

стабильного роста и достижения, выбранной стратегии St). Для формализации процесса управления можно описать состояние (исходную конфигурацию) IC_b СС вектором показателей ССП $M = (m_1, m_2, \dots, m_{mn})$. На множестве показателей ССП зададим некоторую оценочную функцию $\Psi_m(M)$, которая позволила бы измерить и оценить вектор показателей ССП $\Psi_m(M) = (\phi(m_1), \phi(m_2), \dots, \phi(m_n))$ [3].

На основании полученных оценок показателей ССП (m_1, m_2, \dots, m_n) можно выявить уровень их отклонения от заданных базовых (нормативных) значений (Δ) , где Δ – величина рассогласования между значениями текущего и базового (нормативного) показателя ССП m_j и m_j^0 , где $\Delta = \phi(m_j) - \phi(m_j^0)$.

И если значение Δ превышает некоторое пороговое значение δ_n или критическое значение $\delta_{кр}$, $(\Delta > \delta_n) \vee (\Delta > \delta_{кр})$, то СС может сойти с траектории управления, ведущей к стратегии St . То есть выполняется правило: в любых конфигурациях IC_j существуют показатели ССП M , отклонение которых от нормативных (базовых) значений в данной конфигурации в некоторый момент времени ведет к повышению порогового или критического значений этих показателей ССП, что диагностируется как проблемная ситуация IC_b . Это описание формально определяется следующим правилом [4]:

$$\exists M \forall IC \left(IC_j \mid (\Delta_j > \delta_n) \vee (\Delta_j > \delta_{кр}) \mid = \phi(m_j) - \phi(m_j^0) \right) \rightarrow IC_0,$$

где IC_b – исходная конфигурация (проблемная ситуация).

Решение проблемной ситуации IC_b определяется как воздействие на существующее состояние множеством влияющих факторов, что ведет к изменению исходного состояния IC_b и переходу из данного состояния к некоторому состоянию IC_{end} (целевому состоянию), соответствующему стратегии деятельности СС St , $Rh : IC_b \rightarrow IC_{end} \mid_{T,I,R}$, при ограничениях на время перехода (изменения исходного состояния) T ; на объем информации, требуемый для осуществления такого перехода I ; на ресурсы управления R для реализации управляющих воздействий на исходную ситуацию через влияющие факторы.

Рациональное решение Rh зависит от следующих параметров [5]:

1) качества и количества различного вида ресурсов управления, выделяемых (имеющихся) для достижения целевого состояния IC_{end} , т. е. $R = \{R^-, R^+\}$, где R^- – постоянные ресурсы управления, т. е. неизменяемые в процессе разрешения проблемы (оборудование СС, кадры, сбытовые сети, сервис и др.); R^+ – переменные ресурсы, т. е. ресурсы, изменяемые в зависимости от объема проблемы, например финансы, инвестиции, материалы, комплектующие, сырье;

2) способа использования ресурсов R ;

3) неуправляемых факторов (инфляции, политической нестабильности, текучести кадров, сбоев оборудования, замены инструментов и др.), определенных и неопределенных факторов (изменения и корректировки производственных планов, изменения норм и нормативов и др.);

4) результатов (исходов – последствий развития принятого решения), к которым могут привести выбранная стратегия и действие неуправляемых факторов;

5) системы предпочтений, показывающих, в какой степени при различных исходах может быть достигнуто целевое состояние IC_{end} .

ЛПР должен [6] оценить значимость отдельных составляющих возникшей ситуации и ситуацию в целом; рассмотреть возможные решения, оценить их последствия и эффективность каждого решения; выбрать решение, наилучшее с его точки зрения.

Структура процедуры управления представлена на рис. 1. После предварительной обработки информации о значениях показателей ССП, поступающей из имитационной модели (ИМ) СС или непосредственно от объекта управления (например, из корпоративной информационной системы СС), в блоке предварительной обработки (БПО), предназначенном для формирования множества *существенных* показателей (показатели значения которых необходимо улучшить) для принятия УР на их основе, информация передается в блок оценки состояний (БОС).

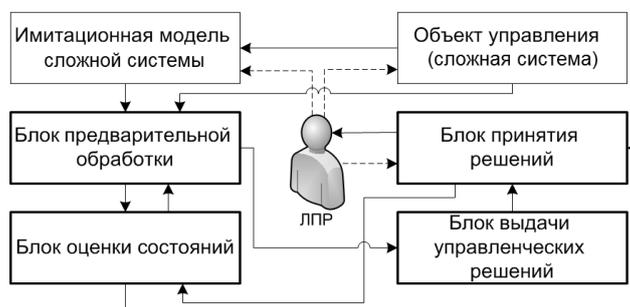


Рис. 1. Структура процедуры управления

В БОС происходит построение формализованного описания ситуации, возникшей на объекте управления. Лингвистические переменные используются для оценки семантики нечетких понятий [7]. Каждому нечеткому понятию, поступающему на вход БОС, ставится в соответствие нечеткое множество на соответствующей предметной шкале, полученное на основе результатов экспертного опроса, или из имеющихся нечетких множеств выполнением некоторых операций, определяемых формой задания нечеткого понятия. Количественная (четкая) информация также отображается в этом блоке в нечеткие множества. Суперпозиция нечетких множеств, полученных в результате идентификации входной информации, представляет собой формализованное описание проблемной (входной) ситуации [8]. Построенная суперпозиция поступает на вход блока принятия решений (БПР), где определяются необходимые управленческие решения. Если сходная ситуация не обнаружена, то управление передается в БПО и далее в блок выдачи управленческих решений (БВУР). В БВУР определяются и ранжируются по критерию Гурвица управленческие решения, направленные на улучшение *существенных* показателей ССП и формируется множество управленческих решений. Полученное множество передается как входная информация в БПР.

В БПР четкая информация, поступившая из БВУР, проходит процедуры классификации, параметризации и корректировки управленческих решений. Таким образом, формируется информация о ситуации и соответствующих ей УР, которая передается в БОС для пополнения хранилища УР и эталонных ситуаций (ХРС), а также ЛПР для проверки правильности решения на объекте управления (СС) или на имитационной модели. Нечеткая информация, поступающая в БПР из БОС, проходит процедуру перехода от внутренней формы задания управляющих решений к форме, удобной для пользователя, т. е., если это необходимо, решаются задачи лингвистической аппроксимации и

интерпретации. Полученное множество УР также проходит процедуру корректировки и передается ЛПП. Для реализации этих блоков с помощью компьютера необходимо использовать формализованные человеко-машинные процедуры, рассматриваемые далее. Укрупненный алгоритм метода формирования альтернатив представлен на рис. 2.

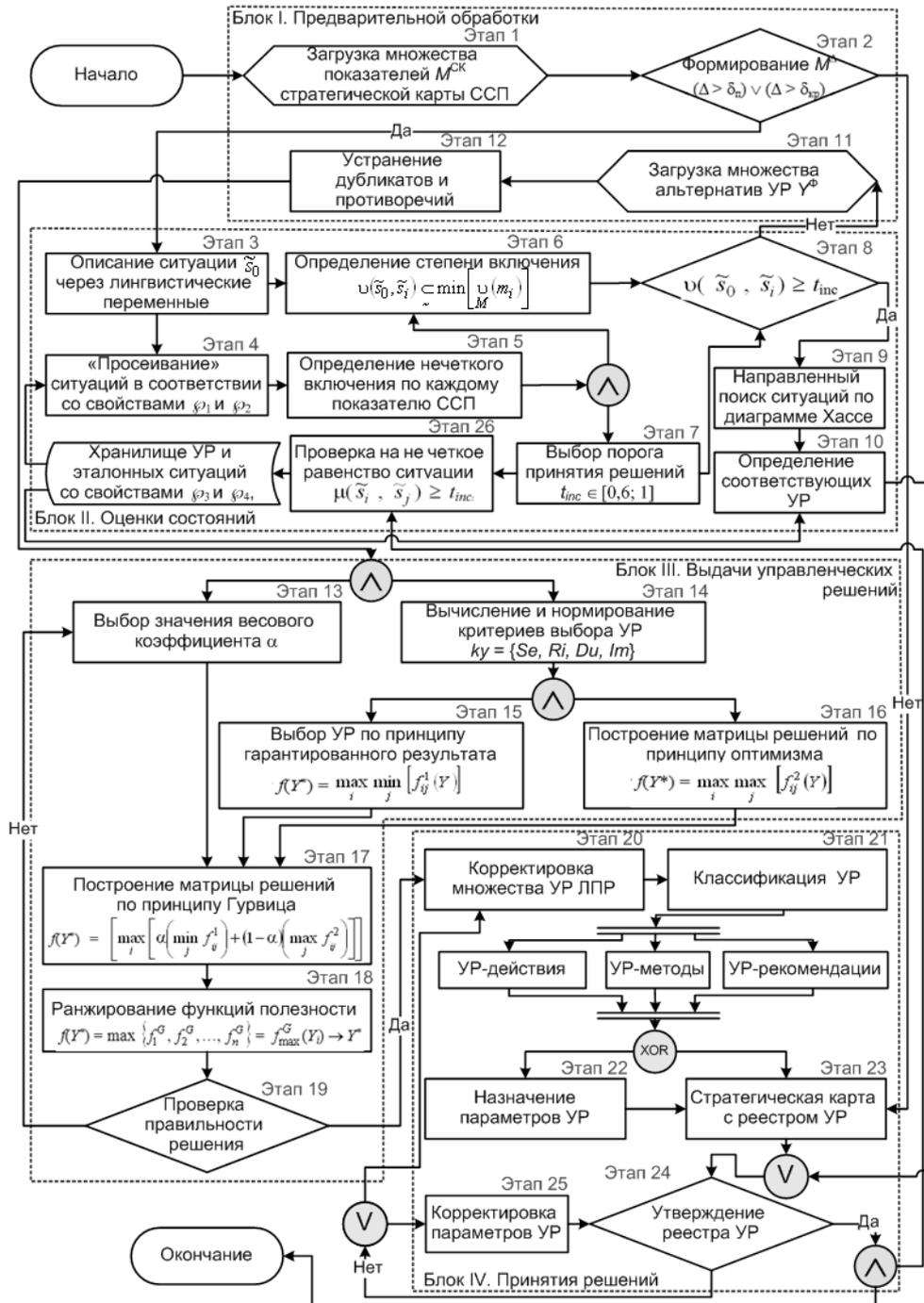


Рис. 2. Алгоритм формирования и выбора УР на основе ССП

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ БЛОКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Процесс формирования УР начинается с блока *предварительной обработки (БПО)*, в котором осуществляется загрузка значений показателей стратегической карты $M^{СК}$ из результатов прогонов ИМ и происходит формирование множества существенных показателей M^{Δ} , значение Δ которых превышает некоторое пороговое значение $\delta_{п}$ (15 %) или критическое значение $\delta_{кр}$ (30 %). Множество существенных показателей M^{Δ} характеризуют проблемную ситуацию \tilde{s}_0 ССП и передается для формирования стратегической карты.

В ХРС определено, какие УР характеризуются важными связями с целями и показателям ССП. Чтобы избежать повторений при разработке УР, рекомендуется объединять их в содержательно похожие формулировки (независимо от того, к какому показателю они первоначально относились). Соответствующая кодировка УР позволяет определить, для какого показателя ССП определено то или другое УР. Для сопоставления УР и показателей ССП используется матрица, показывающая, достижению какого показателя ССП содействует то или иное УР (табл. 1).

Таблица 1

Матрица показателей ССП и УР

Управленческие решения	Перспектива «Финансы»		Перспектива «Клиенты»			Перспектива «Процессы»					Перспектива «Обучение и развитие»		
	Показатели ССП												
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}	m_{11}	m_{12}	m_{13}
y_1	✓	✓		✓	✓			✓	✓				
y_2	✓	✓	✓	✓	✓							✓	
...													
y_{ny}	✓		✓				✓			✓	✓		✓

Поскольку УР и показатели ССП находятся в отношении «многие ко многим», то существует вероятность дубликатов – одинаковых записей в формируемом множестве альтернатив УР. Дубликаты вызывают избыточность данных, увеличивают объем выборки УР, при этом совершенно не повышают информативность данных. Из всех дублирующих друг друга УР оставляют только одно, а остальные удаляют. Для оставленного УР воспользуемся методом *непосредственной (аналитической) оценки* [5] для нормирования признака чувствительности Se для каждого управленческого решения (табл. 2).

Таблица 2

Таблица рангов Ra для измерения Se чувствительности

Ранги, Ra	Оценки Se ($Ra = 5$)	Оценки Se ($Ra = 4$)	Оценки Se ($Ra = 3$)	Оценки Se ($Ra = 2$)
1	1	1	1	1
2	0,75	0,67	0,5	0
3	0,5	0,33	0	
4	0,25	0		
5	0			

Для каждого управленческого решения в формируемом множестве добавляется признак количества дубликатов Du (признак перспективности). Далее необходимо выявить противоречивые УР в соответствии с матрицей противоречий (табл. 3).

Таблица 3

Матрица противоречий УР

УР	y_1	y_2	...	y_n
y_1	–	✓		✓
y_2		–		✓
...		✓	–	
y_{ny}	✓			–

Если в паре УР выявлено противоречие, то в множестве УР остается УР с более высоким признаком чувствительности Se , т. е. с более высокой степенью влияния на ситуацию. Если выяснилось, что одно УР, например y_1 , противоречит двум или более УР, то удаляется из списка УР y_1 . В результате сформировано множество альтернатив УР $Y^\Phi = (y_1^\Phi, y_2^\Phi, \dots, y_{ny}^\Phi)$, прошедшее проверку на наличие дубликатов и противоречий.

3. БЛОК ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЙ

Для продолжения процесса формирования и выбора УР осуществляется переход в блок оценки состояний (БОС), работа которого построена на ситуационной модели. По мере прогонов ИМ накапливается информация о проблемных ситуациях (в виде множества значений показателей ССП из разнообразных стратегических карт ССП, отличающихся по количеству и составу показателей) и сформированных УР для улучшения ситуаций. Важной задачей становится классификация типовых ситуаций, их хранения и выдача ЛПР для класса распознанной группы проблемных ситуаций, рассматриваемых ранее, а также зарекомендовавших себя альтернатив УР.

Для решения задачи оценки состояний нами был выбран аппарат нечеткой логики. Нечеткая логика используется здесь для формализации нечетких понятий и обеспечивает эффективную обработку качественной информации наравне с четкими количественными данными. Более того, использование нечеткой логики при оценке сложившихся ситуаций и построении логических заключений в моделях управления сложными объектами облегчает решение задач обеспечения общения с пользователем на профессионально ориентированном языке, хранения, накопления и обработки качественной информации [8]. Описание проблемной ситуации \tilde{s}_0 , M^Δ которой характеризуется значениями лингвистической переменной $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_j^i\}$, осуществляется как нечеткое множество второго уровня $\tilde{s} = \{ \langle \mu_s(m_i) / m_i \rangle \}$, $m_i \in M$, где $\mu_s(m_i)$ – функция принадлежности, $\mu_s(m_i) = \left\{ \left\langle \mu_{\mu_s(m_i)}(T_j^i) / T_j^i \right\rangle \right\}$, $j \in L, i \in J$.

Для отбора из множества ситуаций БОС ситуаций, наиболее близких \tilde{s}_0 , необходимо решить задачу пересчета [9]. Принцип метода пересчета, который можно назвать «методом просеивания» или «комбинаторным просеиванием», прост: с любым свойством \wp можно связать его расщепление на некотором множестве A , в соответствии с которым A разбивается на две части: подмножество A_1 , образованное элементами, обладающими свойством \wp , и A_2 , образованное элементами, не обладающими свойством \wp , т. е. обладающими свойством $\bar{\wp}$. Выбирая свойства подходящим образом, можно последовательным просеиванием пересчитать подмножества с наложенными на них теми или иными ограничениями.

«Просеивание» ситуаций хранилища УР и эталонных (типовых) ситуаций (ХРС) осуществляется в соответствии со свойствами:

$$\begin{aligned} \wp_1 : \bar{M}_1^{s_i} &= \bar{M}_1^{s_0}; \\ \wp_2 : \text{Card } \bar{M}_1^{s_i} &= \{0, 1\} \text{ и } \text{Card } \bar{M}_1^{s_0} = \{0, 1\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где M^{s_0} – множество показателей проблемной ситуации \tilde{s}_0 и $M_1^{s_0} \subset M^{s_0}$, $\bar{M}_1^{s_0}$ дополнение $M_1^{s_0}$ по отношению к M^{s_0} , $\text{Card } M^{s_0}$ – число элементов в M^{s_0} . Свойства \wp_1 и \wp_2 обеспечивают отбор из ХРС множества типовых ситуаций \tilde{S}_i с наборами существенных показателей, наиболее близкими к проблемной ситуации \tilde{s}_0 по наименованию и количеству существенных показателей. Множество типовых ситуаций в ХРС не содержит плохо определенных ситуаций и повторяющихся ситуаций, т. е. обладает свойствами \wp_3 и \wp_4 :

$$\begin{aligned} \wp_3 : \left(\exists T_q^k \in T_k \right) \left(\mu_{\mu_S}(m_k) \left(T_q^k \right) \right) &\in (1 - t_{inc}, t_{inc}) \\ \wp_4 : \left(\forall \tilde{s}_i, \tilde{s}_j \in S \right) \left(\left(i \neq j \wedge \tilde{s}_i \subset \tilde{s}_j \right) \right. &\rightarrow \left. \left(\tilde{s}_i \not\subset \tilde{s}_j \right) \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Определение нечеткого включения (степени близости) ситуации \tilde{s}_0 в множество типовых ситуаций \tilde{S}_i для каждой ситуации \tilde{s}_i осуществляется по каждому показателю ССП m_i :

$$\begin{aligned} v(m_i) &= v(\mu_{s_0}(m), \mu_{s_i}(m)) = \bigwedge_{m \in M} v(\mu_{s_0}(m) \rightarrow \mu_{s_i}(m)) = \\ &= \min_m \left[\max_{\beta \in T} (1 - \beta_{0i}(t_k); \beta_{0i}(t_k)) \right], \end{aligned}$$

где $B(T) = \{\beta_1(t_1), \beta_2(t_2), \dots, \beta_m(t_m)\}$ – множество $t \in T$.

Определение $v(\tilde{s}_0, \tilde{s}_i) \subset \min_M \left[v(m_i) \right]$ проводится для каждой ситуации из множества \tilde{S}_i . Одновременно ЛППР определяется со значением $t_{inc} \in [0,6; 1]$

для обеспечения необходимой достоверности решений при управлении. Выявление множества типовых ситуаций \tilde{S}_i , сходных с проблемной ситуацией \tilde{s}_0 , осуществляется по правилу $v(\tilde{s}_0, \tilde{s}_i) \geq t_{inc}$. Если сходные типовые ситуации обнаружены в ХРС, то организуются иерархии на множестве \tilde{S}_i и строится диаграмма Хассе для осуществления направленного поиска ситуации \tilde{s}_i , наиболее сходной с проблемной ситуацией \tilde{s}_0 . Из ХРС для найденной наиболее сходной ситуации выдается реестр соответствующих ей альтернатив УР [10]. Реестр альтернатив УР, найденных по решающей таблице из ХРС для наиболее сходной входной нечеткой ситуации, передается в блок *принятия решений (БПР)* для утверждения и корректировки (рис. 2).

Если проблемная ситуация не ассоциируется с типовыми ситуациями ХРС, инициализируется БПО и запускаются алгоритмы дальнейшей предварительной обработки и выдачи (формирования) УР для проблемной ситуации \tilde{s}_0 . Формирование множества УР (влияющих факторов) Y^{Φ} , приводящих к изменению исходного состояния конфигурации СС IC_b , происходит в соответствии с матрицей противоречий УР по множеству существенных показателей M^{Δ} . В результате формируется множество УР Y^{Φ} , устранение дубликатов и противоречий в котором осуществляется в соответствии с матрицей противоречий (табл. 3).

4. ПРОЦЕДУРА ВЫДАЧИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В блоке *выдачи управленческих решений (БВУР)* ЛПР выбирает значения весового коэффициента α , определяющего различные принципы выбора альтернатив УР. Одновременно происходит вычисление и нормирование критериев выбора УР.

1. Чувствительность (Se) показателя m_i к УР y_i определяется как среднее значение всех оценок по формуле $Se_{yi} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^{nm} se_i$, где nm – количество показателей, на улучшение которых направлено управленческое решение y_i .

2. Риск (Ri) УР y_i определяется по показателю m_i по формуле $Ri = \sum_{i=1}^{n_{ex}} \left(\frac{mf}{n_{ex}} mr \right)$, где mf – количество благоприятных исходов после прогона

имитационной модели для m_i ; n_{ex} – количество проведенных экспериментов; mr – плановое или базовое значение показателя m_i по результатам прогонов имитационной модели. Риски определяются как среднее значение всех оценок по формуле $Ri_{yi} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^{nm} ri_i$.

3. Перспективность (Du) УР определяется частотой его появления по формуле $Du = \frac{Ndu}{Nm}$, где Ndu – количество дубликатов УР в формируемом множестве; Nm – количество показателей в ССП.

4. Значимость (Im) УР определяется в соответствии с табл. 4. Значимость для множества УР Y^{Φ} также определяется в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Определение значимости Im УР

Величина рассогласования между значениями текущего и базово- го (нормативного) показателя ССП	Количество показателей				
	0 (минималь- ная значи- мость)	0,25 (небольшая значимость)	0,5 (средняя значимость)	0,75 (существен- ная значи- мость)	1 (высокая значи- мость)
$\Delta > \delta_{кр}$	нет	нет	1	2	3 и более
$\delta_{кр} > \Delta > \delta_{п}$	1	не больше 2	не больше 2	не больше 2	не важно

Элементы вектора критериев для выбора УР $ky = \{Se, Ri, Du, Im\}$ характеризуют заданное УР из множества альтернатив УР $Y^{\Phi} = \langle Se, Ri, Du, Im \rangle$.

В БВУР формируются матрицы решений по принципам гарантированного результата и оптимизма. Матрица решений формируется по принципу Гурвица, и осуществляется ранжирование среди вычисленных по второй части решающего правила Гурвица $\left[\alpha \left(\min f_{ij}^1 \right) + (1 - \alpha) \left(\max f_{ij}^2 \right) \right] = f^G(Y_i)$ значений $\{f_1^G, f_2^G, \dots, f_n^G\}$ функции полезности по решающему правилу $f(Y^*) = \max \{f_1^G, f_2^G, \dots, f_n^G\} = f_{\max}^G(Y_i) \rightarrow Y^*$. Проверка правильности полученного решения осуществляется путем выбора различных значений параметра α и построения итоговой таблицы. Если решение не удовлетворяет условиям, то управление возвращается к этапу выбора значения весового коэффициента α (рис. 2).

5. ПРОЦЕДУРА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Функционирование БПР начинается с корректировки ЛПР состава множества альтернатив УР путем удаления/добавления УР в сформированное множество альтернатив. Полученное множество УР подвергается процедуре классификации.

УР-действия (с параметрами). Такие управленческие решения реализуются на имитационной модели в виде изменения конкретных параметров, например количества ресурсов [11]. Нами предлагается значения этих параметров выбирать в зависимости от значимости УР. Класс 1 (значимость минимальная и небольшая) означает самую слабую степень влияния на ситуацию, $Im = \{0; 0,25\}$, класс 2 (значимость средняя) – среднюю степень, $Im = \{0,5\}$, класс 3 (значимость существенная и высокая) – сильную степень влияния, $Im = \{0,75; 1\}$.

УР-методы (класс 4). Например, «Метод анализа использования основных фондов на основе комплексной экономико-математической модели» [12], «Метод повышения качества логистического обслуживания» [13], «Функционально-стоимостной анализ» [14], «Размещение грузов на складе по методу ABC» и др. Проверить эффективность таких методов возможно на имитационной модели.

УР-рекомендации (без параметров). Например, «Внедрить новые информационные технологии», «Улучшить условия работы сотрудников» и др.

Проверить эффективность внедрения таких УР не всегда возможно на имитационной модели напрямую [15]. Можно лишь изменить некоторые параметры ИМ по усмотрению ЛПР косвенно. Например, для проверки эффективности УР «Внедрить новые информационные технологии» можно изменять параметры модели, связанные со скоростью обработки груза и т. п.

Поэтому после корректировки множества УР ЛПР и необходима процедура классификации УР, позволяющая назначить количественные параметры УР-действий, а также составить план эксперимента (сценарий) с помощью модуля Process Analyzer с имитационной моделью в рамках предложенного метода. После этого ЛПР имеет возможность корректировки вручную количественных параметров УР-действий. В случае если ЛПР устраивают полученные результаты, формируется реестр УР; в другом случае возможна корректировка либо состава УР, либо количественных параметров УР. На рис. 3 представлена детальная схема выдачи УР на основании четкой информации.

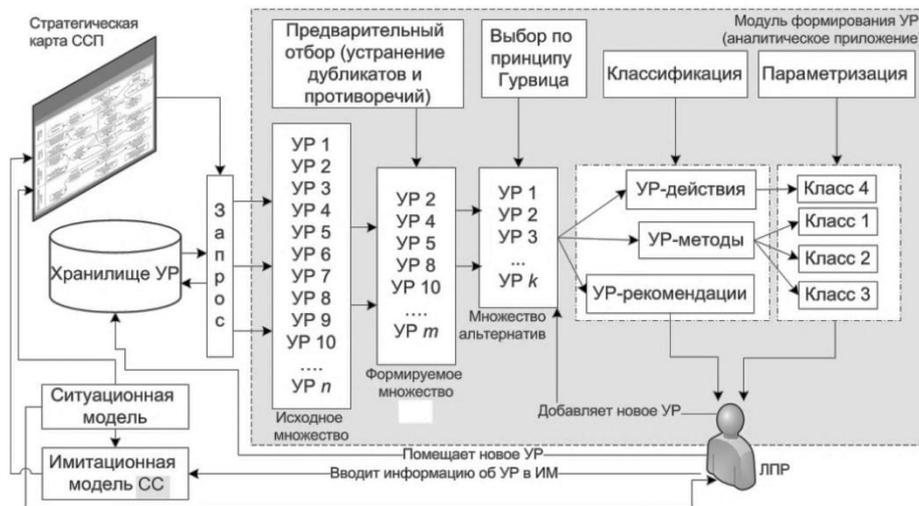


Рис. 3. Детальная схема выдачи УР по четкой информации из БВУР

Далее происходит формирование стратегической карты с реестром УР, а также утверждение ЛПР реестра альтернатив УР с параметрами и в случае необходимости – корректировка параметров УР по усмотрению ЛПР.

В заключение осуществляется проверка новой проблемной ситуации на нечеткое равенство $\mu(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) = \cup(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) \wedge \cup(\tilde{s}_j, \tilde{s}_i)$ и пополнение ХРС информацией о новой нечеткой ситуации и соответствующих ей альтернативах УР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлен укрупненный алгоритм метода формирования альтернатив управленческих решений (рис. 2). Формализован метод принятия управленческих решений по полученным в результате прогонов имитационной модели сложной системы значениям показателей ССП, сочетающий принципы принятия решений в нечетких представлениях (оценка проблемной ситуации) и в структурированных проблемных ситуациях (выдача УР), что позволяет перейти к реализации этой процедуры в виде систем поддержки принятия управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханова А.А. Структурно-функциональная модель сбалансированной системы показателей для принятия управленческих решений // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 1. – С. 200–208.
2. Shcherbatov I.A. Classification of pure formalized complex multicomponent technical systems under conditions of uncertainty // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 9–12.
3. Ханова А.А., Хортонен А.С., Парамзина Л.В. Системные взаимосвязи стратегического управления и моделирования социально-экономических систем на основе сбалансированной системы показателей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2. – С. 109–116.
4. Минцберг Г., Альстрэнд Б., Лэмпель Дж. Школы стратегий. Стратегическое сафари: экскурсия по дебрям стратегий менеджмента: пер. с англ. / под ред. Ю.Н. Каптуревского. – СПб.: Питер, 2000. – 336 с.
5. Афоничкин А.И., Михаленко Д.Г. Управленческие решения в экономических системах: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2009. – 480 с.
6. Трахтенгерц Э.А., Степин Ю.П. Методы компьютерной поддержки формирования целей и стратегий в нефтегазовой промышленности. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 244 с.
7. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
8. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
9. Кофман А. Введение в прикладную комбинаторику. – М.: Наука, 1975. – 480 с.
10. Мельников Б.Ф., Радионов А.Н. О выборе стратегии в недетерминированных антагонистических играх // Программирование. – 1998. – № 5. – С. 55–62.
11. Проталинский О.М., Ханова А.А., Бондарева И.О. Имитационная модель технологических процессов грузового порта // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 4 (50), вып. 2. – С. 134–144.
12. Ханова А.А., Ганюкова Н.П. Совершенствование метода анализа основных фондов предприятия на основе имитационного моделирования // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318, № 6. – С. 5–10.
13. Ханова А.А., Григорьев О.В., Бондарева И.О. Параметрический анализ качества логистического обслуживания в грузовом порту // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 2. – С. 61–68.
14. Ханова А.А., Пономарева А.С. Управление затратами грузового порта на основе функционально-стоимостного анализа // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2011. – № 3 (161). – С. 116–119.
15. Немчинов Д.В., Проталинский О.М. Система принятия управленческих решений по снижению влияния субъективного фактора как причины аварийной ситуации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – № 2. – С. 43–48.

Ханова Анна Алексеевна, доктор технических наук, профессор Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – теория управления, принятия решений и обработка информации. Имеет более 150 публикаций. E-mail: akhanova@mail.ru

Уразалиев Нурлан Саламатович, аспирант Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – принятие решений. Имеет 3 публикации. E-mail: nastya5288@mail.ru

Усманова Злата Артуровна, аспирант Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – методы управления. Имеет 4 публикации. E-mail: mariadontdisturb@mail.ru

The method of situational control of complex systems based on the balanced scorecard*

A.A. KHANOVA¹, N.S. URASALIEV², Z.A. USMANOVA³

¹Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev Street, Astrakhan, 414056, Russian Federation, D.Sc. (Eng.), professor. E-mail: akhanova@mail.ru

²Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev Street, Astrakhan, 414056, Russian Federation, postgraduate student. E-mail: urazaliev.n.s@mail.ru

³Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev Street, Astrakhan, 414056, Russian Federation, postgraduate student. E-mail: slataarturovna@gmail.com

This work describes a method for the formation and selection of alternative management decisions including the definition of the problem situation based on a set of indicators of the balanced scorecard and the presence or absence of similar situations in many typical situations. A management procedure structure including pre-processing, state estimation, management decision issuing and decision making is formalized. The structure of the pre-processing unit including load operation indicators of the balanced scorecard, the emergence of many of the major indicators, downloading appropriate significant indicators of a multitude of management decisions into the final lookup table, eliminating duplicates and contradictions among many management decisions. The description of the procedure for forming and issuing management decisions on the Gurwitz principle is presented. Selection criteria of management solutions are defined and utility functions are ranked. An approach to the analysis and evaluation of a fuzzy situation in the complex system based on the deviation of the indicators values of the balanced scorecard from the norm by describing the situation using linguistic variables is proposed. Given a variety of situation structures defined by strategic maps and balanced scorecards for each configuration of a complex system, using a situation sieve procedure is proposed before looking for a situation similar to the problem situation. A situation model is constructed. The procedure of issuing managerial decisions involving the adjustment of a multitude of management decisions by the structure and parameters as well as the classification and parametrization of managerial decisions are described. The classes of managerial decisions for the proposed procedure of decision making on the basis of the simulation model are defined. The method of managerial decision formation and selection combining crisp and fuzzy information about systems is proposed. The method of making management decisions based on the results of simulation model runs with regard to values of the indicators of the balanced scorecard that combines the principles of decision making in fuzzy representations (evaluation problem) and in structured problem situations (issuance of administrative decisions) is formalized.

Keywords: situational management, balanced scorecard, complex system, simulation model, problem situation, fuzzy information, management decisions, expert evaluation

DOI: 10.17212/1814-1196-2015-3-69-82

REFERENCES

1. Khanova A.A. Strukturno-funktsional'naya model' sbalansirovannoi sistemy pokazatelei dlya prinyatiya upravlencheskikh reshenii [Structurally functional model of the balanced scorecard for adoption of administrative decisions]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Management, computer science and informatics*, 2012, no. 1, pp. 200–208.
2. Shcherbatov I.A. Classification of pure formalized complex multicomponent technical systems under conditions of uncertainty. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Management, computer science and informatics*, 2012, no. 2, pp. 9–12.

* Received 22 May 2015.

3. Khanova A.A., Khortonen A.S., Paramzina L.V. Sistemnye vzaimosvyazi strategicheskogo upravleniya i modeli-rovaniya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem na osnove sbalansirovannoi sistemy pokazatelei [System of relationship strategic management and modeling socio-economic systems based on the balanced scorecard]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Management, computer science and informatics*, 2014, no. 2, pp. 109–116.
4. Mintzberg H., Ahlstrand B., Lampel J. *Strategy safari: A guided tour through the wilds of strategic management*. New York, The Free Press, 1998. 406 p. (Russ. ed.: Mintsberg G., Al'stred B., Lempel' Dzh. *Shkoly strategii. Strategicheskoe safari: ekskursiya po debryam strategii menedzhmenta*. Translated from English Yu.N. Kapturevskii. St. Petersburg, Piter Publ., 2000. 336 p.).
5. Afonichkin A.I., Mikhaleiko D.G. *Upravlencheskie resheniya v ekonomicheskikh sistemakh* [Management decisions in economic systems]. St. Petersburg, Piter Publ., 2009. 480 p.
6. Trakhtengerts E.A., Stepin Y.P. *Metody kompyuternoi podderzhki formirovaniya tselei i strategii v neftegazovoi promyshlennosti* [Computer methods support the development of objectives and strategies in the oil and gas industry]. Moscow, SINTEG Publ., 2007. 244 p.
7. Zade L. *Ponyatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh reshenii* [The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning]. Moscow, Mir Publ., 1976. 165 p.
8. Melikhov A.N., Bershtein L.S., Korovin S.Ya. *Situatsionnye sovetuyushchie sistemy s nechetkoi logikoi* [Situational advising systems with fuzzy logic]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 272 p.
9. Kofman A. *Vvedenie v prikladnyu kombinatoriku* [Introduction to applied combinatorics]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 480 p.
10. Mel'nikov B.F., Radionov A.N. O vybore strategii v nedeterminirovannykh antagonisticheskikh igrakh [The choice of strategy in a non-deterministic antagonistic games]. *Programmirovanie – Programming and Computer Software*, 1998, no. 5, pp. 55–62.
11. Protalinskii O.M., Khanova A.A., Bondareva I.O. Imitatsionnaya model' tekhnologicheskikh protsessov gruzovogo porta [Simulation model of technological processes of cargo port]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of Saratov state technical University*, 2010, vol. 4, no. 2 (50), pp. 134–144.
12. Khanova A.A., Ganyukova N.P. Sovershenstvovanie metoda analiza osnovnykh fondov predpriyatiya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Improvement of the method of analysis of fixed assets on the basis of simulation]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 318, no. 6, pp. 5–10.
13. Khanova A.A., Grigor'ev O.V., Bondareva I.O. Parametricheskii analiz kachestva logisticheskogo obsluzhivaniya v gruzovom portu [Parametric analysis of the quality of logistics services at the cargo port]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Management, computer science and informatics*, 2010, no. 2, pp. 61–68.
14. Khanova A.A., Ponomareva A.S. Upravlenie zatratami gruzovogo porta na osnove funktsional'no-stoimostnogo analiza [Cost Control cargo port on the basis of functional cost analysis]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Tekhnicheskie nauki – North Kavkaz High School Research. Series: Technical Sciences*, 2011, vol. 3 (161), pp. 116–119.
15. Nemchinov D.V., Protalinskii O.M. Sistema prinyatiya upravlencheskikh reshenii po snizheniyu vliyaniya sub"ektivnogo faktora kak prichiny avariinnoi situatsii [System management decisions to reduce the impact of subjective factors as causes of emergency]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Management, computer science and informatics*, 2011, no. 2, pp. 43–48.