

УДК 65.072.2

Анализ структуры и оценка сбалансированной системы показателей на основе когнитивной модели*

М.Ю. БОЧАРНИКОВА¹, А.А. ХАНОВА², А.С. ХОРТОНЕН³

¹ 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, магистрант, e-mail: mariadontdisturb@mail.ru

² 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, д. т. н., профессор, e-mail: akhanova@mail.ru

³ 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, аспирант, e-mail: nastya5288@mail.ru

В данной работе приводится описание метода обработки информации и анализа сбалансированной системы показателей априори (на этапе разработки ее структуры) и апостериори (мониторингом выполнения поставленных целей на основе данных имитационного моделирования или корпоративной информационной системы) на основе когнитивной модели сложной системы. Описан подход к априорному анализу структуры сбалансированной системы показателей, включающий проверки сбалансированности, прозрачности, причинно-следственных связей между перспективами по всей вертикали целей, вертикальные проверки общего количества целей сбалансированной системы показателей и по типам показателей, горизонтальные проверки количества и типов показателей по перспективам. Анализ сбалансированной системы показателей апостериори производится после проектирования структуры сбалансированной системы показателей на основе значений показателей, полученных от объекта управления или его имитационной модели. Цель этой оценки – сравнение функционирования сложной системы по сбалансированной системе показателей в различных ситуациях. Апостериорный анализ сбалансированной системы показателей является инструментом оценки конфигурации сложной системы. Для ранжирования различных реализаций конфигурации сложной системы сформулирована и формализована система трех критериев анализа сбалансированной системы показателей апостериори: сбалансированность оценок показателей сбалансированной системы показателей, риск недостижения плановых значений показателей сбалансированной системы показателей и синергия. С помощью экспертного опроса выявлены интервалы и оценки значения дисперсии и составлена таблица согласования для критериев «сбалансированность» и «риск». Для оценки критерия «синергия» разработана когнитивная модель показателей сбалансированной системы показателей. Построена когнитивная карта показателей сбалансированной системы показателей для сложной системы с указанием степени взаимовлияния показателей сбалансированной системы показателей. Элементы вектора критериев анализа сбалансированной системы показателей апостериори характеризуют заданную реализацию сбалансированной системы показателей. Априорный и апостериорный подходы в совокупности определяют метод анализа сбалансированной системы показателей.

Ключевые слова: сбалансированная система показателей, когнитивная модель, риск, синергетический эффект, управление, обработка экспертной информации, априорный и апостериорный анализ, принятие решений

ВВЕДЕНИЕ

Для сложных систем визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации включает в себя множество показателей. Функционирование сложной системы должно быть скоординировано и направлено на достижение определенных долгосрочных целей, выраженных в виде сбалансированной системы показателей (ССП) [1–2]. Для

* Статья получена 17 января 2014 г.

оценки ССП можно использовать такие критерии, как полнота, непротиворечивость, целостность, которые, по существу, обеспечиваются самой методикой построения ССП. Кроме качественных критериев, оценивающих ССП на этапе разработки целей, нужно определить ряд критериев, дающих количественную оценку ССП. Анализ ССП должен включать в себя этап априорного контроля структуры ССП после ее синтеза и апостериорной оценки показателей ССП на основе базы данных корпоративной информационной системы (КИС) или прогонов имитационной модели (ИМ) сложной системы. Часть оценок ССП представлена как субъективная экспертная оценка, другие оценки получены на основе мониторинга и статистических данных.

1. АПРИОРНЫЙ АНАЛИЗ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Анализ априори проводится во время проектирования ССП, до начала ее использования. Априорный анализ структуры ССП включает проверки сбалансированности со стратегией, прозрачности, причинно-следственных связей между перспективами по всей вертикали целей, вертикальные проверки общего количества целей ССП и по типам показателей, горизонтальные проверки количества и типов показателей по перспективам [1].

Проверка сбалансированности со стратегией (Kari1) – проверяется отражение в карте стратегии развития сложной системы. Следует отметить, что решение задачи сбалансированности стратегии не поддается формализации, она не может быть решена без участия человеческого фактора и обычно очень специфична для каждой сложной системы, для каждой стадии ее развития. Основным способом проверки согласованности служит качественная экспертная оценка участниками процесса разработки ССП.

Проверка прозрачности (Kari2) предполагает то, что по показателям можно восстановить цели, а по целям можно восстановить стратегию [1]. Проверка прозрачности по сути заложена уже на этапе составления информационных тезаурусов показателей и целей [3].

Вертикальная проверка общего количества показателей (Kari3): $8 \leq NM \leq 25$ (табл. 1). ССП должна состоять, как минимум, из 8 показателей – по одному запаздывающему на каждую составляющую и одному соответствующему опережающему. В реальности такого ограниченного набора характеристик достижения успеха может оказаться недостаточно, но и чрезмерное количество показателей неизбежно приводит к «размытию» усилий по достижению результатов. Оптимально для ССП предприятия 20–25 показателей.

Таблица 1

Оценки критериев для анализа ССП

Оценки	Вертикальная проверка показателей, Kari3	Интервал значений дисперсий, Kari1, Kari2	Интервалы значений синергии, Kari3
Плохо	$(NM \leq 7) \vee (26 \leq NM)$	$1 < Var \geq 0.7$	$(-1 < Sy \leq 0) \vee (0.8 < Sy \leq 0.1)$
Удовлетворительно	$8 \leq NM \leq 11$	$0.7 < Var \geq 0.6$	$(0 < Sy \leq 0.2) \vee (0.6 < Sy \leq 0.8)$
Хорошо	$12 \leq NM \leq 19$	$0.6 < Var \geq 0.4$	$(0.2 < Sy \leq 0.4) \vee (0.6 < Sy \leq 0.8)$
Отлично	$20 \leq NM \leq 25$	$0.4 < Var$	$0.4 < Sy \leq 0.6$

Вертикальная проверка по типам показателей (Kari4):

- 80 % не финансовых показателей (логическое высказывание Kari4₁);
- соотношение внутренний/внешний (логическое высказывание Kari4₂);
- соотношение диагностический/стратегический (логическое высказывание Kari4₃).

Про каждое логическое высказывание Kari4 можно определенно сказать истинно оно или ложно (истина (логическая 1), ложь (логический 0)). Для формализации оценки Kari4 предложена таблица истинности для логических высказываний Kari4₁, Kari4₂, Kari4₃ (табл. 2).

Проверка вертикальной сбалансированности (Kari5) – проверяется наличие причинно-следственных связей между перспективами по всей вертикали целей. Проверка вертикальной сбалансированности осуществляется «снизу вверх». Если достижение нижележащего результата (цели) является необходимым условием достижения вышележащего, то проверяется сле-

Таблица 2

Таблица истинности для оценки *Kap4*

<i>Kap4₁</i>	<i>Kap4₂</i>	<i>Kap4₃</i>	<i>Kap4</i>
1	1	1	отлично
1	1	0	хорошо
1	0	1	хорошо
1	0	0	удовлетворительно
0	1	1	плохо
0	1	0	плохо
0	0	1	плохо
0	0	0	плохо

– переформулируется одна из целей так, чтобы достижение нижележащей цели стало необходимым условием достижения вышележащей. В этом случае показатели перепроектируются в соответствии с целями;

– в стратегическую карту вводится дополнительная цель, которая является необходимым связующим звеном между ниже- и вышележащей целями.

Горизонтальная проверка количества показателей по перспективам (Kap6):

– показателей перспективы «Финансы» *Pf*: $2 \leq M_{Pf} \leq 4$ (логическое высказывание *Kap6₁*);

– показателей перспективы «Клиенты» *Pc*: $2 \leq M_{Pc} \leq 8$ (логическое высказывание *Kap6₂*);

– показателей перспективы «Внутренние процессы» *Pip*: $2 \leq M_{Pip} \leq 10$ (логическое высказывание *Kap6₃*);

– показателей перспективы «Обучение и развитие» *Ptd*: $2 \leq M_{Ptd} \leq 6$ (логическое высказывание *Kap6₄*).

Для формализации оценки *Kap6* предложена таблица истинности для логических высказываний *Kap6₁*, *Kap6₂*, *Kap6₃*, *Kap6₄*, аналогичная по своему принципу табл. 2.

Проверка горизонтальной сбалансированности (Kap7) проводится в каждой перспективе ССП отдельно на основе соотношения типов показателей. Обязательная проверка включает контроль соотношения показателей отсроченный/опережающий (по одному запаздывающему на каждую составляющую и одному соответствующему опережающему). При проверке горизонтальной сбалансированности необходимо учесть, что по результирующему показателю определяется степень достижения цели, по опережающему показателю осуществляется управление деятельностью в оперативном контуре. Соответственно, чтобы эта связка работала, необходимо опережающему показателю сделать более частый период опроса, чем результат. Оценка *Kap1*, *Kap2*, *Kap5* и *Kap7* построена как субъективная экспертная оценка структуры ССП. Формализация оценок *Kap3*, *Kap4* и *Kap6* приведена в табл. 1 и 2.

2. АПОСТЕРИОРНЫЙ АНАЛИЗ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Анализ апостериори проводится после проектирования структуры ССП на основе значений показателей, полученных от объекта управления или от его модели. Цель этой оценки – сравнение функционирования сложной системы по ССП в различных условиях по результатам прогонов имитационной модели. Анализ ССП является инструментом оценки конфигурации системы. Для ранжирования различных реализаций конфигурации сложной системы необходимо сформулировать список критериев.

Набор используемых критериев зависит от проблемы и характера цели, которую стремится достичь предприятие. Для каждой конкретной области существует свой более или менее устоявшийся набор критериев, который может варьироваться в зависимости от сложившейся обстановки [4]. Рассмотрим способ ранжирования, который для некоторого предприятия определял бы оценку реализации деятельности по ССП.

В работе [4] утверждается, что предприятия для оценки целей и стратегий их реализации чаще всего используют следующие критерии, назовем их производственными: сбалансирован-

дующая причинно-следственная связь по цепочке. Если не является, то возможны следующие варианты действий.

1. Если нижняя цель связана другими проверенными причинно-следственными связями с верхними целями, то неподтвержденная связь аннулируется.

2. Если связь единственная, то выполняется одно из действий:

– проводится прямая связь с целью, расположенной выше по карте. При этом если цель остается без причинно-следственных связей, она может быть убрана из карты;

ность, синергия, специализация, выживаемость, минимизация риска потерь, успех и др. Эксперты могли добавлять какие-то критерии, а от других отказываться. Принято решение, что в дальнейшем будут учитываться только критерии, с которыми согласны все эксперты. В результате список критериев, отобранных экспертами: сбалансированность (Ba), риск (Ri) и синергия (Sy).

Оценку получаемых результатов будем производить исходя из величины дисперсии Var оценок показателей, характеризующих сложную систему [4]. С помощью экспертного опроса были выявлены интервалы и оценки значения дисперсии, указанные в табл. 1 (таблица согласована), для критериев «сбалансированность» и «риск», а также оценки критерия «синергия».

Для каждого показателя ССП, полученного в результате прогона ИМ [5] или из КИС, определяется его согласованная критериальная оценка, это дает возможность в дальнейшем унифицированно вести обработку информации о показателях. Тогда среднее значение всех оценок

$$M_{Ba} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^{nm} m_i, \text{ где } m_i - \text{согласованная критериальная оценка показателя, } nm - \text{количество}$$

показателей ССП. Значение дисперсии определяем по формуле $Var_{Ba} = \frac{1}{nm-1} \sum_{i=1}^{nm} (m_i - M_{Ba})^2$.

Исходя из значения Var и табл. 1, определяется оценка критерия Ba .

Каждое решение – стратегическое или оперативное, касающееся развития сложной системы, всегда связано с некоторой степенью неопределенности. Неопределенность может быть как положительная (возможность), так и отрицательная (риск) [6, 7]. Решения базируются на информации о потенциальных отклонениях от запланированных целей. По отдельным плановым значениям тех или иных показателей принимаются индивидуальные решения относительно того, насколько они подвержены воздействию разнообразных рисков. Поэтому риск стал вторым критерием анализа ССП. В рамках данной работы риск вычисляется как величина,

рассчитываемая по следующей формуле: $Ri = \sum_{i=1}^{n_{ex}} \left(\frac{mf}{n_{ex}} \cdot mr \right)$, 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 . Определение риска отклонения показателя от базового значения производится аналогично оценке сбалансированности с помощью дисперсии по табл. 1. Исходя из значения Var (табл. 1), определяем оценку критериев сбалансированность $Kapo1$ и риск $Kapo2$.

Выявление системных связей между используемыми технологиями и процессами способствуют качественному решению поставленных перед сложной системой задач и повышению эффективности [8, 9]. Это реализуется в ССП в виде причинно-следственных связей. Получаемый суммарный эффект носит название синергетического. Правило синергетического эффекта гласит, что сумма $1 + 1$ равна не 2, а 3 или даже более. Критерий синергия определяет интегральную эффективность предприятия. Интегральная эффективность зависит от того, насколько усиливает (или уменьшает) каждый оцениваемый показатель эффективность всех других [10]. Влияние отклонения показателя Δm_k на отклонение показателя Δm_i в момент τ будем

выражать функцией

$$f \varpi(\tau) = \begin{cases} \varpi_{ki}^+(\Delta m_k(\tau)), & \text{если } \Delta m_k(\tau) > 0, \\ \varpi_{ki}^-(\Delta m_k(\tau)), & \text{если } \Delta m_k(\tau) < 0, \\ 0, & \text{если } \Delta m_k(\tau) = 0. \end{cases}$$

Характер такого влияния можно представить в виде когнитивной карты, которая отражает направленность и относительные коэффициенты влияния показателей друг на друга (рис. 1). На когнитивной карте знак «плюс» на дугах между вершинами-факторами означает, что увеличение значения фактора-причины приводит к увеличению фактора-следствия, а знак

«минус» – увеличение значения фактора-причины уменьшает значение фактора-следствия. Когнитивная карта отражает функциональную структуру анализируемой ситуации, поскольку изменение значения любого фактора ситуации приводит к возникновению «фронта» изменений значений связанных с ним факторов. Вес дуги в когнитивной карте определяет уверенность в существовании связи между вершинами и представляется числом в интервале $[-1, 1]$. Для причинно-следственной связи между фактором-причиной и фактором-следствием положительная связь связывает положительные приращения с положительными, а отрицательные с отрицательными приращениями.

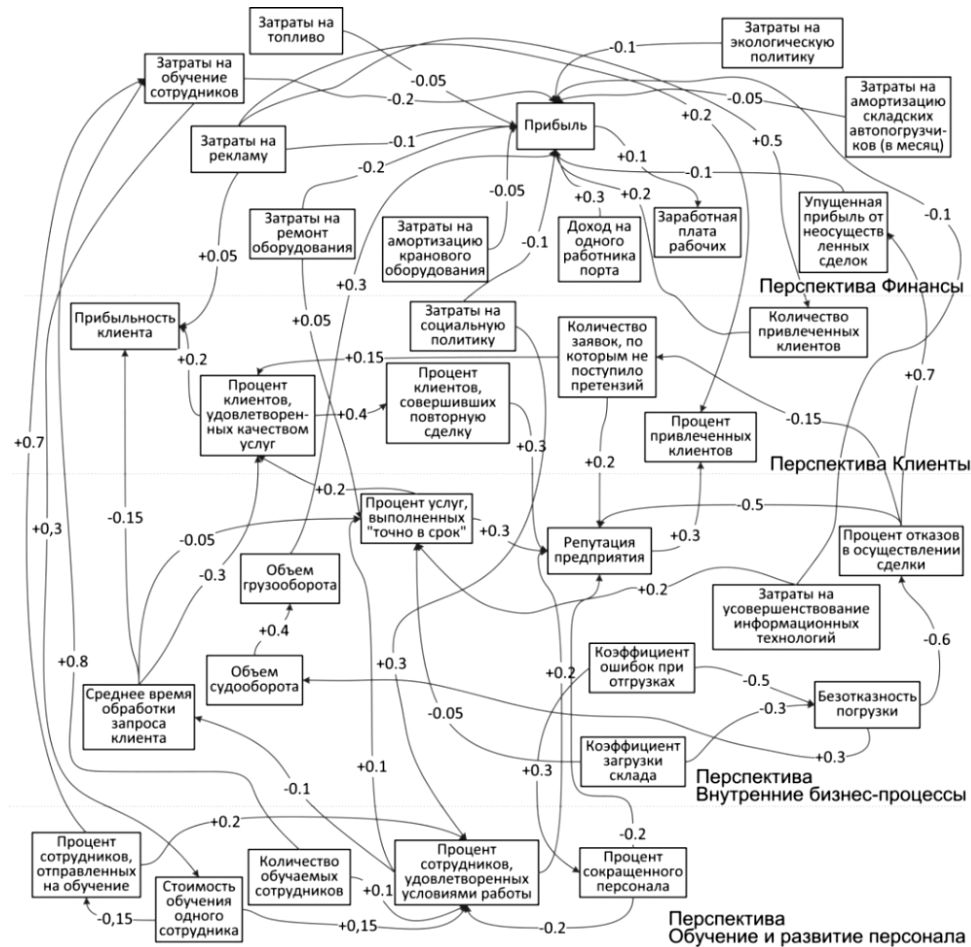


Рис. 1. Фрагмент когнитивной модели ССП

Отрицательная связь связывает, соответственно, положительные приращения с отрицательными, а отрицательные с положительными приращениями. Таким образом, необходимо первоначально составить таблицу для всех показателей ССП, имеющих в БД. Значения v_{ij} , находящиеся на пересечении i -й строки и j -го столбца таблицы, заполняемые разными экспертами, могут не совпадать, поэтому каждое значение должно согласовываться. Применять принцип единогласия тут невозможно. Будем использовать алгоритм согласования [4]. Фрагмент такой таблицы, для некоторых показателей ССП, представлен в табл. 3.

В заголовках строк табл. 3 после наименования показателя указывается знак его отклонения от нормы. В соответствии с ним корректируются знаки коэффициентов влияния на другие показатели. В заголовках столбцов в начале наименования показателя указаны знаки отклонений, которые желательны для сложной системы.

Для вычисления оценки синергии необходимо сначала сложить получившиеся коэффициенты по столбцам, с учетом желательного отклонения: при желательном положительном отклонении получившуюся сумму оставить без изменений, а при желательном отрицательном отклонении – умножить ее на -1 . Затем получившиеся суммы нормировать (к сумме абсолютных значений) и получившиеся значения сложить

$$Sy = \sum_{i=1}^{nm} \frac{\varpi_i}{\sum_{i=1}^{nm} |\varpi_i|}, \quad (1)$$

где Sy – оценка синергии, ϖ_i – сумма коэффициентов в i -м столбце, $\sum_{i=1}^{nm} |\varpi_i|$ – сумма абсолютных значений коэффициентов. Таким образом, получается оценка синергии, имеющая значение от -1 до 1 . При отрицательном значении синергии можно говорить о большом количестве негативных отрицательных отклонений показателей от нормы и требуется достичь лучших значений показателей. Оценку синергии можно давать в зависимости от процентов, улучшающих интегральную эффективность предприятия, в соответствии с табл. 1, которая достаточно условная. Но если считать, что она принята на предприятии, можно выяснить процент показателей, которые улучшают синергию и вывести оценку по критерию «Синергия» Каро3.

Таблица 3

Фрагмент матрицы взаимовлияния показателей ССП

Показатели ССП	Безотказность (+)	Процент отказов (-)	Репутация предприятия (+)
Коэффициент ошибок (-)	+0.8		
Безотказность (+)		-0.6	
Коэффициент загруженности (+)	-0.3		
Процент повторных обращений (-)			-0.5
Процент отказов (-)			+0.2

3. ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ И «ВЕСОВ» КРИТЕРИЕВ АПРИОРИ И АПОСТЕРИОРИ

В заключение экспертами строится итоговая таблица оценок априорного анализа структуры ССП и апостериорного анализа показателей ССП по выбранным критериям (табл. 4).

Таблица 4

Оценки критериев априори и апостериори

Критерии		Оценки	Ранг критерия, kr_i
Априори	Проверка сбалансированности со стратегией (Кари1)	отлично	7(1)*
	Проверка прозрачности (Кари2)	хорошо	3(5)
	Вертикальная проверка общего количества показателей (Кари3)	хорошо	6(2)
	Вертикальная проверка по типам показателей (Кари4)	хорошо	5(3)
	Проверка вертикальной сбалансированности (Кари5)	отлично	4(4)
	Горизонтальная проверка количества показателей по перспективам (Кари6)	отлично	2(6)
	Проверка горизонтальной сбалансированности (Кари7)	удовлетворительно	1(7)

Окончание табл. 4

Критерии		Оценки	Ранг критерия, kp_i
Апостериори	Сбалансированность ($Kapo1$)	плохо	2(2)
	Синергия ($Kapo2$)	отлично	3(1)
	Риск ($Kapo3$)	удовлетворительно	1(3)

Примечание. В скобках указан инвертированный ранг критерия, используемый для расчета его «веса».

В последнем столбце табл. 4 (для некоторой реализации ССП) проставлены ранги критериев, так как в дальнейшем понадобится определить их «веса». Ранг критерия определяет, какова его важность для сложной системы. Балльность рангов может определяться их числом. Ранг критериев априори может иметь значение от 1 до 7, апостериори – от 1 до 3. Ранг критериев определяет группа экспертов из 12 человек. После того как эксперты проставили ранги критериев в табл. 4, определяется сумма рангов, набранных каждым критерием:

$$kp_i = \sum_{j=1}^J kp_{ij} Nexp_j, \quad i = 1, \dots, I, \quad \text{где } kp_{ij} - \text{ранг } i\text{-го критерия, определенный } j\text{-м экспертом; } Nexp_j -$$

число экспертов, давших данную оценку критерию и нормированную сумму рангов hkp_i , опре-

деляемые по формулам: $hkp^{Kapi}_i = kp_i / \sum_{i=1}^7 kp_i$ (анализ априори), $hkp^{Kapo}_i = kp_i / \sum_{i=1}^3 kp_i$ (анализ

апостериори). Для ранжирования критериев составлена табл. 5, показывающая «веса» критериев, равные нормированным суммам рангов в соответствии с коллективной оценкой экспертов отдельно для критериев априори и апостериори.

Таблица 5

Нормированные суммы рангов оценки критериев априори и апостериори

Ранг критерия	Критерии	Оценки важности критерия							Сумма рангов kp_i	Нормированные суммы рангов (вес критерия), hkp_i	
		7	6	5	4	3	2	1			
1	Априори	$Kapi1$	5	4	3	–	–	–	–	74	0,20
2		$Kapi3$	3	4	5	–	–	–	–	70	0,19
3		$Kapi4$	2	4	4	1	1	–	–	65	0,18
4		$Kapi5$	–	3	–	9	–	–	–	54	0,15
5		$Kapi2$	–	2	3	3	3	1	–	50	0,14
6		$Kapi6$	–	–	–	1	3	5	3	26	0,07
7		$Kapi7$	–	–	–	1	1	5	5	22	0,06
1	Апостериори	$Kapo3$	///	///	///	///	6	3	3	27	0,41
2		$Kapo1$	///	///	///	///	2	7	3	23	0,35
3		$Kapo2$	///	///	///	///	2	1	8	16	0,24

После того как значения и «веса» критериев на основе данных мониторинга, статистической информации из прогнозов имитационной модели определены, можно оценить варианты ССП $BSC = (BSC_1, BSC_2, \dots, BSC_{nbsc})$ априори и апостериори.

Общая оценка структуры ССП априори для рассматриваемого примера с учетом значения каждого критерия Kap_i и его «веса» hkp_j^{api} (табл. 4, 5) может быть определена как

$$BSC^{api} = \sum_{j=1}^7 Kap_i \cdot hkp_j^{api} = 0,2 \cdot 5 + 0,14 \cdot 4 + 0,19 \cdot 4 + 0,18 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,06 \cdot 3 = 4,32. \quad (2)$$

Общая оценка показателей ССП апостериори для рассматриваемого примера с учетом значения каждого критерия $Kapo$ и его «веса» hkp_j^{apo} (табл. 5, 6) могут быть определены по соотношению

$$BSC^{apo} = \sum_{j=1}^3 Kapo \cdot hkp_j^{apo} = 0,35 \cdot 2 + 0,24 \cdot 5 + 0,41 \cdot 3 = 3,13. \quad (3)$$

То есть оценка структуры ССП по выбранным критериям априори – «хорошо с плюсом», а оценка показателей ССП апостериори – «удовлетворительно». На рис. 2 показана результативность анализа ССП.

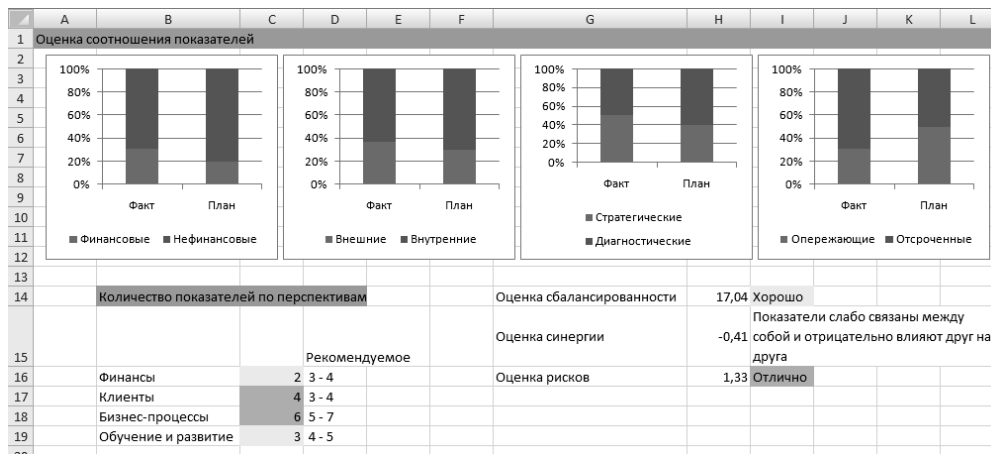


Рис. 2. Результативность анализа ССП

Проведенные исследования позволили сформулировать метод анализа ССП на основе сочетания априорного и апостериорного подходов.

Этап 1. Начало априорного анализа структуры ССП на основе критериев Kap_i . Проверка сбалансированности со стратегией [11], прозрачности, вертикальной и горизонтальной сбалансированности на основе субъективной экспертной оценки.

Этап 2. Вертикальная проверка общего количества показателей ССП (табл. 1).

Этап 3. Вертикальная проверка по типам показателей (табл. 2).

Этап 4. Горизонтальная проверка количества показателей по перспективам.

Этап 5. Общая оценка структуры ССП априори с учетом значения каждого критерия Kap_i (табл. 4, 5) и его «веса» hkp_j^{api} по формуле (2). Завершение априорного анализа структуры ССП. Вывод о синтезированной структуре ССП.

Этап 6. Прогон имитационной модели или получение информации из КИС.

Этап 7. Начало апостериорного анализа ССП на основе критериев $Kapo$. Оценка сбалансированности и риска ССП по результатам прогона имитационной модели (табл. 1).

Этап 8. Оценка синергии ССП на основе когнитивной модели показателей ССП (рис. 1) по формуле (1).

Этап 9. Общая оценка показателей ССП апостериори с учетом значения каждого критерия *Kapo* (табл. 4, 5) и его «веса» hkr_j^{apo} по формуле (3). Завершение апостериорного анализа ССП. Вывод о реализации ССП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлено детальное описание подходов к оценке ССП априори, позволяющее осуществить проверку правильности составленной ССП на основе контроля количества показателей и целей ССП по вертикали и горизонтали, а также наличия причинно-следственных связей. Детально описаны системы критериев оценки ССП апостериори, т. е. на основе численных значений показателей ССП, полученных по результатам прогона имитационной модели. Разработаны методики вычисления всех критериев и их оценок. Разработан метод анализа ССП по результатам мониторинга и прогонов имитационной модели при воздействии различных факторов, позволяющий выбирать наилучшую реализацию конфигурации системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Корпоративный навигатор. Положение о сбалансированной системе показателей [Электронный ресурс]. – URL: http://develop.intalev.ru/script/tmpd/navigator2/solutions/CN_BSC/method/bsc_method.html (дата обращения: 18.09.2013).
- [2] **Нивен Пол Р.** Сбалансированная система показателей – шаг за шагом: Максимальное повышение эффективности и закрепление полученных результатов. – М.: Баланс Бизнес Букс, 2003. – 328 с.
- [3] **Ханова А.А.** Структурно-функциональная модель сбалансированной системы показателей для принятия управленческих решений // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: Управление, вычисл. техника и информатика. – 2012. – № 1. – С. 200–208.
- [4] **Грахтенгерц Э.А., Степин Ю. П.** Методы компьютерной поддержки формирования целей и стратегий в нефтегазовой промышленности. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 244 с.
- [5] **Проталинский О. М., Ханова А.А.** Концепция интеллектуального управления технологическими процессами грузового порта на основе имитационных моделей // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 1 (36). – С. 46–49.
- [6] **Немчинов Д.В., Проталинский О.М.** Снижение риска аварийной ситуации на производственном объекте // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: Управление, вычисл. техника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 111–116.
- [7] **Немчинов Д.В., Проталинский О.М.** Система принятия управленческих решений по снижению влияния субъективного фактора как причины аварийной ситуации // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: Управление, вычисл. техника и информатика. – 2011. – № 2. – С. 43–48.
- [8] **Щербатов И.А.** Концепция системного анализа сложных слабоформализуемых многокомпонентных систем в условиях неопределенности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – № 2 (38). – С. 28–35.
- [9] **Ганюкова Н.П., Ханова А.А.** Процессное управление системами корпоративного типа // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 3 (57), вып. 1. – С. 235–241.
- [10] **Ханова А.А., Григорьев О.В., Бондарева И.О.** Параметрический анализ качества логистического обслуживания в грузовом порту // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: Управление, вычисл. техника и информатика. – 2010. – № 2. – С. 61–68.
- [11] **Мельников Б.Ф., Радионов А.Н.** О выборе стратегии в недетерминированных антагонистических играх // Программирование. – 1998. – № 5. – С. 98.

Бочарникова Мария Юрьевна, магистр Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – принятие решений. Имеет 10 публикаций. E-mail: mariaodontdisturb@mail.ru

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

Хортонен Анастасия Сергеевна, аспирант Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – методы управления. Имеет 10 публикаций. E-mail: nastya5288@mail.ru

The structure analysis and assessment of the Balanced indicator system based on the cognitive model*

M. BOCHARNIKOVA¹, A. KHANOVA², A. KHORTONEN³

¹ Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev Street, Astrakhan, 414056, Russian Federation, graduate student, e-mail: mariadonidisturb@mail.ru

² Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev Street, Astrakhan, 414056, Russian Federation, D.Sc.(Eng.), professor, e-mail: akhanova@mail.ru

³ Astrakhan State Technical University, 16, Tatischev Street, Astrakhan, 414056, Russian Federation, post-graduate student, e-mail: nastya5288@mail.ru

The information processing method and the analysis of the balanced indicator system are presented a priori (at the development stage of its structure) and a posteriori (by monitoring the achievement of the goals based on the data of simulation modeling or a corporate information system) on the basis of the cognitive model of a complex system. An approach to the a priori analysis of the structure of the balanced indicator system, including checks of balance, transparency, and cause and effect relationships between the vertical perspective goals as well as vertical checks of the total number of goals of the balanced indicator system and of types of indicators, horizontal checks of the quantity and types of indicators in terms of perspectives is described. The analysis of the balanced indicator system is a posteriori made after designing a structure of the balanced indicator system on the basis of indicator values received from the control object or its simulation model. The purpose of this assessment is the comparison of a complex system functioning in terms of balanced indicators in various situations. The a posteriori analysis of the balanced indicators is a tool of assessing a complex system configuration. To range various realizations of complex system configurations, a system of three criteria of the a posteriori analysis of balanced indicators has been formulated and formalized, namely, the balance of estimates of the balanced indicators, the risk of not achieving the planned values of the balanced system indicators and synergy. The intervals and estimates of dispersion values have been revealed by expertise and the coordination table for the "balance" and "risk" criteria has been made. A cognitive model of the balanced indicators has been developed to assess the synergy criterion. A cognitive map of indicators of the balanced indicator system for a complex system with regard to the extent of indicator interference of the balanced indicator system has been constructed. Vector elements of the balanced indicator system analysis a posteriori characterize the predesigned realization of the balanced indicator system. A priori and a posteriori approaches together define the method of the balanced indicator system analysis.

Keywords: balanced indicator system, cognitive model, risk, synergetic effect, management, processing of expert information, a priori and a posteriori analysis, decision-making

REFERENCES

- [1] *Korporativnyi navigator. Polozhenie o sbalansirovannoi sisteme pokazatelei* [Corporate navigator. The provision on the balanced system of indicators]. Available at: http://develop.intalev.ru/script/tmpd/navigator2/solutions/CN_BSC/method/bsc_method.html (Accessed 18 September 2013).
- [2] Niven P.R. *Balanced Scorecard Step-by-Step: maximizing Performance and Maintaining Results*. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. Publ., 2002. 334 p. (Russ. ed.: *Sbalansirovannaiia sistema pokazatelei – shag za shagom: maksimal'noe povyshenie effektivnosti i zakreplenie poluchennykh rezul'tatov*. Moscow, Balance Business of Axle boxes Publ., 2003. 328 p.).
- [3] Khanova A.A. Strukturno-funktional'naiia model' sbalansirovannoi sistemy pokazatelei dlia priniatii upravlencheskikh reshenii [Structurally functional model of the balanced scorecard for adoption of administrative decisions]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2012, no. 1, pp. 200-208.
- [4] Trakhtengerts E.A., Stepin Yu.P. *Metody komp'iuternoi podderzhki formirovaniia tselei i strategii v neftegazovoi promyshlennosti* [Methods of computer support of formation is more whole also than strategy in the oil and gas industry]. Moscow, SINTEG Publ., 2007. 244 p.
- [5] Protalinsky O.M., Khanova A.A. Kontseptsiiia intellektual'nogo upravleniia tekhnologicheskimi protsessami gruzovogo porta na osnove imitatsionnykh modelei [The concept of intellectual management of technological processes of cargo port on the basis of imitating models]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. [Vestnik of Astrakhan State Technical University], 2007, no. 1. pp. 46-49.
- [6] Nemchinov D.V., Protalinsky O.M. Snizhenie riska avariinnoi situatsii na proizvodstvennom ob'ekte [Decrease in risk of an emergency on production Object]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2009, no. 1, pp. 111-116.
- [7] Nemchinov D.V., Protalinsky O.M. Sistema priniatii upravlencheskikh reshenii po snizheniiu vliianiia sub'ektivnogo faktora kak prichiny avariinnoi situatsii [Sistema of adoption of administrative decisions on decrease in influence of a subjective factor as Emergency]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravle-*

* Manuscript received January 17, 2014.

nie, vychislitel'naia tekhnika i informatika [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2011, no. 2, pp. 43-48.

[8] Shcherbatov I.A. Kontseptsia sistemnogo analiza slozhnykh slaboformalizuemyykh mnogokomponentnykh sistem v usloviakh neopredelennosti [The concept of the system analysis of difficult poorly formalizable multicomponent systems in the conditions of uncertainty]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie – Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2013, no. 2 (38), pp. 28-35.

[9] Ganyukova N.P., Khanova A.A. Protsessnoe upravlenie sistemami korporativnogo tipa [Process management of systems of corporate type]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of the Saratov State Technical University], 2011, no. 3 (57), iss. 1, pp. 235-241.

[10] Khanova A.A., Grigoryev O.V., Bondareva I.O. Parametricheskiy analiz kachestva logisticheskogo obsluzhivaniia v gruzovom portu. [Parametricheskiy the analysis of quality of logistic service in cargo port]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2010, no. 2, pp. 61-68.

[11] Melnikov B.F., Radionov A.N. O vybore strategii v nedeterminirovannykh antagonistskikh igrakh [O a strategy choice in nondeterministic antagonistic games]. *Programmirovaniye – Programming*, 1998, no. 5, pp. 98.