

УДК 65.011.46

Количественная модель оценки эффективности стратегии предприятия

Ершов Д. М.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),

МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия

e-mail: dmitreyushov@mail.ru

Аннотация

В статье предлагается новая количественная модель оценки эффективности стратегии (КМОЭС) предприятия, существенно расширенная по сравнению оригинальной моделью оценки эффективности, предложенной М. Хеллом, С. Видачиком и З. Гарачей (2009). По сравнению с оригинальной моделью, новая КМОЭС оказалась более приспособленной для оценки эффективности стратегии предприятий авиационной промышленности и была применена в процессе планирования стратегии компании ООО «ЭСТО-Вакуум», выпускающей вакуумно-технологическое оборудование для производства элементной базы авионики.

Ключевые слова

количественная модель оценки эффективности стратегии, задача оптимального распределения ресурсов, смешанная 0-1 ЗЛП, карта стратегии, сбалансированная система показателей

Введение

Управление эффективностью стратегии – сравнительно новое направление в стратегическом менеджменте. Основные, рассматриваемые в его рамках проблемы, – формирование набора целей предприятия и планирование времени их достижения; измерение взаимосвязи параметров, характеризующих различные аспекты деятельности предприятия; повышение эффективности реализации стратегических инициатив (оптимизация распределения ресурсов, инвестиционное и финансовое планирование);

построение интегрального индикатора успешности функционирования предприятия [1]. Стержневой концепцией данного раздела стратегического менеджмента является методология *сбалансированной системы показателей* (ССП) [2].

Как показано в работе [3] использование методов управления эффективностью стратегии на предприятиях авиационной промышленности является жизненной необходимостью, связанной со следующими особенностями их функционирования:

1) Планирование и привлечение инвестиций осложняется длительным производственным циклом, высокой ресурсоемкостью и относительно низкой рентабельностью производства [4].

2) В условиях необходимости выхода на мировой рынок авиационной техники для поддержания конкурентоспособности отечественные предприятия должны планировать и осуществлять проекты развития [5]. Так как многие российские предприятия авиационной промышленности в настоящее время испытывают острый дефицит ресурсов [4], то при реализации таких проектов они (ресурсы) должны расходоваться как можно более эффективно.

В работе [6] на основе СПП была предложена *количественная модель оценки эффективности стратегии* (КМОЭС), позволяющая, как оценивать результативность исполнения стратегических проектов при текущем распределении ресурсов, так и вычислять оптимальное распределение ресурсов, максимизирующее результативность реализации стратегических инициатив.

Уместность использования данной модели при планировании развития предприятия авиационной промышленности обусловлена следующими факторами:

1) Большинство предприятий авиационной промышленности являются проектно-ориентированными, а так как управление проектно-ориентированным предприятием представляет собой управление, ориентированное на результат, то первоочередной задачей является измерение результативности разработанной стратегии [7].

2) В деятельности авиационных предприятий, как правило, большую роль играют нематериальные активы (знания и опыт сотрудников, информационные системы) [8], планирование развития которых естественным образом предусмотрено в рамках методологии СПП.

Вместе с тем, при попытке применить описанную модель для оценки эффективности стратегии предприятия ООО «ЭСТО-Вакуум», выпускающего вакуумно-технологическое оборудование для производства элементной базы авионики, автор

столкнулся с необходимостью принимать во внимание условия, учет которых не предусмотрен в исходной модели (например то, что большинство стратегических мероприятий, направленных на развитие предприятия, носят проектный, а не процессный характер).

В связи с этим была предложена и реализована в виде компьютерного приложения новая КМОЭС, учитывающая семь дополнительных условий. Они существенно расширяют исходную модель и в то же время делают ее более логичной, приспособленной для оценки эффективности стратегии авиационного предприятия.

Работа состоит из введения, четырех разделов, списка литературы и приложения. В первом разделе дается описание оригинальной КМОЭС. Во втором разделе вводятся посылки новой КМОЭС, приводится математическая постановка задачи оптимального распределения ресурсов предприятия при дополнительных условиях. В третьем разделе дается пример применения новой КМОЭС на практике. В заключительном разделе подводятся итоги и указываются направления дальнейших исследований.

1. Оригинальная КМОЭС

Согласно оригинальной КМОЭС стратегия предприятия представляется в виде *стратегической карты* – ориентированного нагруженного графа $G = (N, K)$, где N – множество вершин графа, соответствующих стратегическим целям предприятия (пусть цели i , соответственно, вершины графа занумерованы от 1 до n), а K – множество дуг графа, определяющих взаимосвязи целей (Рис. 1).

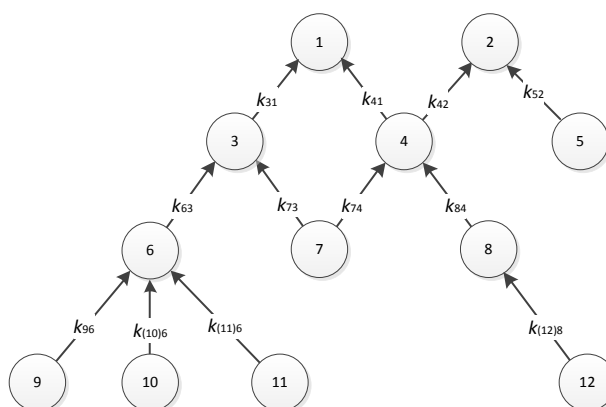


Рис. 1. Пример карты стратегии (графа взаимосвязей стратегических целей предприятия)

Предполагается, что каждая из n целей измерима – ей в соответствие ставится показатель, который должен достигать некоторого планового значения спустя заданное

время T . Например, для цели «Увеличить чистую прибыль предприятия» таким показателем может быть размер чистой прибыли в рублях, а желаемым значением – 20 млн. руб. в год через пять лет. По фактическому значению показателя, соответствующего j -й цели ($j = \overline{1, n}$), в момент времени T можно определить *уровень достижения цели*:

$$x_j = \frac{X_j(T) - X_j(0)}{X_j^*(T) - X_j(0)}$$

где $X_j(0)$ – текущее значение показателя (англ. *As-Is*), $X_j^*(T)$ – желаемое значение показателя в момент времени T (англ. *To-Be*), $X_j(T)$ – фактическое значение показателя в момент времени T . Так, в приведенном примере, если через пять лет чистая прибыль предприятия составит 10 млн. руб. в год, то уровень достижения цели будет равен 0.5 или 50%.

Будем говорить, что i -я цель *подчинена* j -й цели, если существует дуга $(i, j) \in K$. Каждой дуге $(i, j) \in K$ соответствует коэффициент взаимосвязи (весовой коэффициент) $k_{ij} \geq 0$. Предполагается, что:

$$\sum_{i \in N_j} k_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где N_j – множество индексов целей, подчиненных j -й цели. Смысл весовых коэффициентов $\{k_{ij}\}$ заключается в том, что уровень достижения j -й цели *ограничивается* взвешенной с данными коэффициентами совокупностью уровней достижения подчиненных ей целей:

$$x_j \leq \sum_{i \in N_j} k_{ij} x_i, \quad j = \overline{1, n}.$$

Предполагается, что коэффициенты $\{k_{ij}\}$ могут быть оценены с применением статистических или экспертных методов [9, 10].

Пусть для достижения поставленных целей требуется s видов ресурсов, и элементы вектора $(R_1, R_2, \dots, R_s)^T$ показывают доступный объем каждого вида. Пусть также определено множество технологических коэффициентов $\{r_{ij}\}_{i,j=1}^{s,n}$. Технологический коэффициент r_{ij} показывает количество i -го вида ресурса, необходимое для того, чтобы уровень достижения j -й цели достиг единицы.

Для отыскания вектора уровней достижения стратегических целей x^* , соответствующего оптимальному распределению ресурсов, формируется следующая задачи линейного программирования (ЗЛП):

1. Критерий оптимальности:

$$I_1 = \sum_{j=1}^n w_j x_j \rightarrow \max_{x^*}, \quad (2.1)$$

где w_j – весовой коэффициент j -й цели ($w_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^n w_j = 1$). Цели, для которых $w_j \neq 0$, будем называть *основными*.

2. Условие принадлежности уровней достижения целей отрезку $[0, 1]$:

$$0 \leq x_j \leq 1, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.2)$$

3. Ресурсные ограничения:

$$\sum_{j=1}^n r_{ij} x_j \leq R_i, \quad i = \overline{1, s}. \quad (2.3)$$

4. Структурные ограничения:

$$x_j \leq \sum_{i \in N_j} k_{ij} x_i, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.4)$$

Оптимальное значение критерия I_1^* позволяет оценить, насколько *эффективна* разработанная стратегия в смысле обеспечения достижения основных целей предприятия. Оптимальные значения переменных x_j^* ($j = \overline{1, n}$) при этом равняются плановым значениям уровней достижения соответствующих целей (по разнице между плановым и актуальным уровнем достижения каждой цели к концу периода планирования можно определять *эффективность реализации* стратегии). Очевидно, что объем i -го вида ресурса, который следует направить на достижение j -й цели равен $x_j^* r_{ij}$ ($j = \overline{1, n}$).

Как было сказано во введении, при попытке применить описанную модель для планирования ресурсов предприятия ООО «ЭСТО-Вакуум» автор столкнулся с необходимостью принимать во внимание условия, учет которых не предусмотрен в исходной модели. Эти условия (посылки *новой* количественной модели эффективности стратегии предприятия) представлены в следующем разделе.

2. Новая КМОЭС

Новая количественная модель оценки стратегии базируется на следующих семи условиях.

Условие 1. Ресурсы соотносятся не с целями, а с *мероприятиями* (инициативами), направленными на достижение целей. Множество мероприятий, направленных на достижение стратегических целей будем называть *стратегической программой*.

Условие 2. q -му мероприятию ($q = \overline{1, m}$, где m – общее количество мероприятий, ведущих к реализации стратегии) ставится в соответствие технологический коэффициент $r_{ij} \geq 0$, характеризующий объем i -го вида ресурса ($i = \overline{1, s}$), необходимый для 100%-ного исполнения мероприятия.

Условие 3. Чтобы изменить уровень исполнения j -го мероприятия на величину Δx_j необходимо израсходовать количество i -го вида ресурса равное $\Delta x_j r_{ij}$.

Условие 4. Мероприятия делятся на два вида: *проекты* и *процессы*. Если j -е мероприятие имеет *проектный* характер, то к концу планового периода оно должно быть исполнено в полном объеме, либо не должно исполняться вообще (то есть, $x_j^* = 0$, либо $x_j^* = 1$, где x_j^* – плановый уровень исполнения мероприятия). Если j -е мероприятие имеет *процессный* характер, то к концу планового периода уровень его исполнения может быть равен некоторому числу из отрезка $[0, 1]$, которое зависит от того, какое количество ресурсов планируется вложить в исполнение данного мероприятия.

Условие 5. Исполнение каждого мероприятия может влиять на достижение сразу *нескольких* стратегических целей¹.

Условие 6. Некоторые мероприятия (группы мероприятий) могут являться *взаимоисключающими* (альтернативными) по отношению друг к другу. Это значит, что при планировании реализации стратегической программы из имеющихся альтернатив следует выбрать единственное мероприятие (группу мероприятий).

Условие 7. Влияние исполнения мероприятий на достижение целей определяется *графом стратегической программы*.

Для иллюстрации условий 4–7 приведем фрагмент гипотетического графа стратегической программы (Рис. 2).

¹ Это условие предусмотрено в классической ССП: для определения влияния исполнения мероприятий на достижение целей Р. Нортон и Д. Капланом предлагается составить таблицу «Цели»–«Мероприятия».

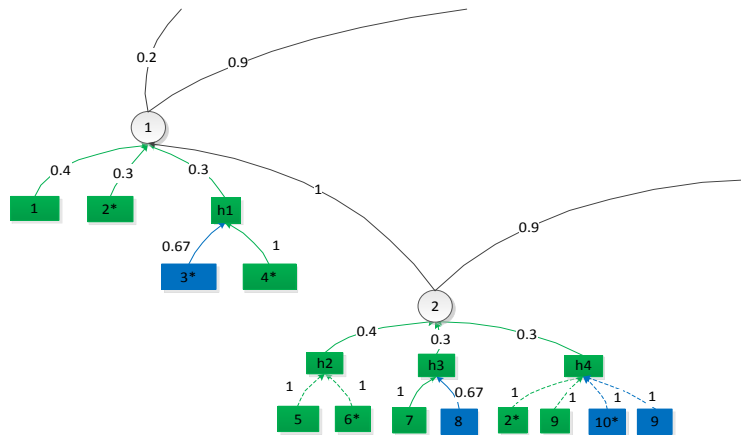


Рис. 2. Фрагмент гипотетического графа стратегической программы (номера проектных мероприятий отмечены символом «*»)

Цели здесь обозначены круглыми вершинами, а мероприятия – прямоугольными. Цель №2 «Повысить уровень обученности сотрудников» подчинена цели №1 «Повысить качество управления предприятием» (из второй цели идет дуга в первую цель с весовым коэффициентом $k_{21} = 1$), то есть уровень достижения первой цели ограничивается уровнем достижения цели второй²:

$$x_{(1)} \leq x_{(2)}. \quad (3.1)$$

Для первой и второй целей определены мероприятия 1–10, направленные на их достижение (Таблица 1).

Таблица 1
Список стратегических мероприятий

№ ¹	Название мероприятия
1	Обучить сотрудников, занимающих руководящие должности в компании
2*	Внедрить корпоративный портал
3*	Внедрить систему контроля и мотивации достижения стратегических целей: на основе электронных таблиц
4*	Внедрить систему контроля и мотивации достижения стратегических целей: на основе специализированного решения
5	Реализовать программу повышения квалификации рядовых сотрудников компании
6*	Разработать программу повышения квалификации для рядовых сотрудников компании
7	Обеспечить передачу знаний от опытных сотрудников новичкам (развить систему наставничества): передача знаний в рабочее время
8	Обеспечить передачу знаний от опытных сотрудников новичкам (развить систему наставничества): организация сверхурочных встреч
9	Наполнить базу знаний компании

² Для того чтобы отличать номера вершин соответствующих мероприятиям от номеров вершин, соответствующих целям, при употреблении их в качестве индексов примем следующее условие: номера вершин, соответствующие мероприятиям обозначаются в квадратных скобках, а номера вершин, соответствующих целям – в круглых.

10*	Внедрить инструмент для формирования базы знаний на основе специализированного Open Source решения (Wiki)
¹ Номера проектных мероприятий в таблице отмечены символом «*».	

Очевидно, что корпоративный портал или инструмент для формирования базы знаний (см. мероприятия №2, 10) начнут приносить компании пользу после того, как будут полностью завершены работы по их внедрению (то есть мероприятия будут выполнены на 100%). Вместе с тем логично предположить, что инициативы, направленные на повышение квалификации сотрудников компании (см. мероприятия №1, 5) принесут отдачу, пропорциональную количеству вложенных в их реализацию ресурсов (времени и денег выделенных на посещение курсов, покупку обучающих материалов). Аналогично, объем и качество базы знаний (см. мероприятие №9) будет напрямую зависеть от количества человеко-часов, потраченных на ее наполнение и размера вознаграждения, мотивирующего сотрудников делиться своими знаниями с коллегами. Таким образом, можно заключить, что, например, мероприятия №2, 10 имеют проектный характер, а мероприятия №1, 5, 9 – процессный.

Вершины, соответствующие взаимоисключающим мероприятиям (взаимоисключающим группам мероприятий), изображены на Рис. 2 разными цветами. По аналогии с исходным графом взаимосвязей стратегических целей, влияние исполнения мероприятий на достижение той или иной цели определяется структурой (конфигурацией дуг и вершин) графа стратегической программы. Если из вершины, соответствующей i -му мероприятию, существует путь в вершину, соответствующую j -й цели, то исполнение этого мероприятия может повлиять на достижение выделенной цели. Так, например, можно заключить, что исполнение третьего («Внедрить систему контроля и мотивации достижения стратегических целей: на основе электронных таблиц») и четвертого («Внедрить систему контроля и мотивации достижения стратегических целей: на основе специализированного решения») мероприятий может повлиять на достижение первой цели («Повысить качество управления предприятием»). Вместе с тем данные мероприятия являются взаимоисключающими, то есть для повышения качества управления имеет смысл *либо* внедрить систему контроля на основе специализированного решения, *либо* на основе электронных таблиц. Правильно построенный граф программы должен удовлетворять следующему условию: если в вершину входят дуги из вершин, соответствующих взаимоисключающим мероприятиям (группам мероприятий), то в нее не должны входить дуги из вершин, соответствующих другим мероприятиям. Для исполнения данного условия (а также для описания сложных

отношений влияния) при построении графа программы используются вспомогательные вершины. На рисунке они обозначены номерами с префиксом «h» (от англ. *help*).

Исполнение мероприятия №2 («Внедрить корпоративный портал») может вести к достижению первой («Повысить качество управления предприятием») и второй («Повысить уровень обученности сотрудников») целей одновременно. Поэтому в графе программы мероприятию №2 соответствуют две вершины³: из первой вершины в вершину, соответствующую первой цели, ведет путь, состоящий из одной дуги ([2],[1]); из второй вершины в вершину, соответствующую второй цели, ведет путь, состоящий из двух дуг ([2],[h4]),([h4],[2]).

Дуги графа программы делятся на два вида: сплошные и пунктирные. *Сплошные дуги* графа задают линейные отношения между достижением цели и исполнением мероприятия, а *пунктирные* – ограничения типа «минимум». При этом весовые коэффициенты сплошных дуг, исходящих из вершин, которые соответствуют мероприятиям, не обязательно должны удовлетворять условию (1). Например, из приведенного графа стратегической программы можно заключить, что:

$$x_{(1)} \leq 0.4x_{[1]} + 0.3x_{[2]} + 0.3x_{[h1]}, \quad (3.2)$$

$$x_{[h1]} \leq 0.67x_{[3]}, \text{ если будет исполняться 3-е мероприятие,} \quad (3.3)$$

$$x_{[h1]} \leq x_{[4]}, \text{ если будет исполняться 4-е мероприятие.} \quad (3.4)$$

Таким образом, если будет исполняться мероприятие №3, то при 100%-ном исполнении первого, второго и третьего мероприятий цель №1 может быть достигнута не более, чем на 90%. Если же будет исполнено мероприятие №4, то при 100%-ном исполнении первого, второго и четвертого мероприятий цель №1 может быть достигнута на 100% (внедрение специализированного решения для контроля дает больший эффект, чем внедрение решения на основе электронных таблиц).

Часто бывает так, что для достижения некоторой цели нужно реализовать последовательно проектное, а затем процессное мероприятия. Например, для достижения цели №2 на 40% достаточно выполнить сначала проектное мероприятие №6 («Разработать программу повышения квалификации для рядовых сотрудников компании»), а затем процессное мероприятие №5 («Реализовать программу повышения

³ В общем случае, если достижение некоторого мероприятия ведет к достижению *l* целей одновременно, то вершин, соответствующих этому мероприятию, должно быть *l* штук, и из каждой из них должен вести путь в соответствующую цель.

квалификации рядовых сотрудников компании»). Отдача от разработанной программы повышения квалификации будет пропорционально количеству ресурсов, направленных на ее внедрение. Вместе с тем, если проект по разработке программы повышения квалификации реализован не будет, то и внедрять будет нечего. Отсюда следует, что влияние исполнения мероприятий №5 и №6 на достижение цели №2 описывается отношением типа «минимум». Данный тип отношения задается пунктирными дугами с весовыми коэффициентами $\{f_{ij}\}$ и накладывает следующее ограничение:

$$x_j \leq \min_{i \in F_j} (f_{ij} x_i),$$

где F_j – множество номеров вершин, из которых ведут пунктирные дуги в j -ю вершину.

Аналогичные рассуждения можно провести и для группы, состоящей из мероприятия №2 («Внедрить корпоративный портал») и № 9 («Наполнить базу знаний компании»), а также для группы, состоящей из мероприятия №10 («Внедрить инструмент для формирования базы знаний на базе специализированного Open Source решения») и №9. Данные группы являются взаимоисключающими, так как большинство порталных продуктов имеют встроенные инструменты для формирования базы знаний, и при их внедрении отпадает необходимость во внедрении специализированного решения. Таким образом, структура влияния исполнения мероприятий на вторую цель описывается следующей системой неравенств:

$$x_{(2)} \leq 0.4x_{[h2]} + 0.3x_{[h3]} + 0.3x_{[h4]}, \quad (3.5)$$

$$x_{[h2]} \leq \min(x_{[5]}, x_{[6]}), \quad (3.6)$$

$$x_{[h3]} \leq x_{[7]}, \text{ если будет исполняться 7-е мероприятие,} \quad (3.7)$$

$$x_{[h3]} \leq 0.67x_{[8]}, \text{ если будет исполняться 8-е мероприятие,} \quad (3.8)$$

$$x_{[h4]} \leq \min(x_{[2]}, x_{[9]}), \text{ если будут исполняться 2-е и 9-е мероприятия,} \quad (3.9)$$

$$x_{[h4]} \leq \min(x_{[10]}, x_{[9]}), \text{ если будут исполняться 9-е и 10-е мероприятия.} \quad (3.10)$$

Таким образом, приведенный фрагмент графа описывает структурные отношения (3.1)–(3.10) между уровнями достижения целей и степенями исполнения мероприятий.

Значения весовых коэффициентов $\{f_{ij}\}$ и $\{k_{ij}\}$ в расширенной модели рекомендуется определять с использованием процедуры парных сравнений метода

анализа иерархий [11]. Например, для цели №1 следует сначала определить степени влияния на нее таких действий, как «Обучение сотрудников, занимающих руководящие должности в компании» (мероприятие №1), «Внедрение корпоративного портала» (мероприятие №2) и «Внедрение системы контроля и мотивации достижения целей», получив веса k_{1}, $k_{[2](1)}$ и $k_{[h1](1)}$ соответственно. Веса третьего ($\tilde{k}_{[3][h1]}$) и четвертого ($\tilde{k}_{[4][h1]}$) мероприятий определяются вначале относительно обеспечения эффективности «Внедрения системы контроля и мотивации достижения целей», так как эти мероприятия являются альтернативными путями реализации данной инициативы. Для получения окончательных весов альтернативных мероприятий они масштабируются так, чтобы значение одного из них равнялось единице:

$$k_{[3][h1]} := \tilde{k}_{[3][h1]} / \max(\tilde{k}_{[3][h1]}, \tilde{k}_{[4][h1]}),$$

$$k_{[4][h1]} := \tilde{k}_{[4][h1]} / \max(\tilde{k}_{[3][h1]}, \tilde{k}_{[4][h1]}).$$

Теперь задача оптимизации будет состоять в том, чтобы:

- 1) Определить, какие из взаимоисключающих мероприятий должны быть реализованы;
- 2) Распределить ресурсы между избранными мероприятиями.

Критерием задачи по-прежнему будет максимизация взвешенной совокупности уровней достижения целей.

Для того чтобы сформулировать математическую постановку задачи оптимизации, необходимо привести граф стратегической программы к специальному виду. Для этого исполняются следующие действия:

- 1) Если i -я вершина соответствует стратегической цели, то она декомпозируется на три вершины, которые получают тройные номера вида $(i, 0, 0)$, $(i', 0, 0)$, $(i'', 0, 0)$, где i' и i'' – любые еще не занятые номера. Дуги, исходящие из i -й вершины направляются из вершины $(i, 0, 0)$. Дуги, входящие в i -ю вершину из вершин, соответствующих мероприятиям, направляются в вершину $(i', 0, 0)$. Дуги, входящие в i -ю вершину из вершин, соответствующих другим целям, направляются в вершину $(i'', 0, 0)$. Из вершин $(i', 0, 0)$ и $(i'', 0, 0)$ направляются пунктирные дуги в вершину $(i, 0, 0)$ с весовыми коэффициентами, равными 1.
- 2) Вспомогательные вершины получают тройные номера вида $(i, 0, 0)$, где i – любой еще не занятый номер.

- 3) Каждая вершина, соответствующая мероприятию, получает тройной номер (i, j, p) , где i – первый компонент тройного номера родительской вершины (то есть вершины, в которую идет дуга из вершины, соответствующей мероприятию), j – номер альтернативы, в рамках которой реализуется данное мероприятие, p – номер мероприятия.
- 4) Обеспечивается выполнение условия: каждой вершине подчинены *либо* вершины вида $(i, 0, 0)$, *либо* вида $(i, j \neq 0, p \neq 0)$, *либо* не подчинено ни одной вершины. Если для некоторой \bar{i} -й⁴ вершины данное условие не выполняется, то в граф добавляется вершина $\bar{j} = (j', 0, 0)$ в которую направляются все дуги из вершин вида $(q, 0, 0)$, подчиненных \bar{i} -й вершине (подразумевается, что j' – любой еще не занятый номер). Из новой вершины \bar{j} направляется сплошная дуга в \bar{i} -ю вершину с весовым коэффициентом $k_{\bar{j}\bar{i}} = 1$.

Фрагмент графа программы, приведенный на рис. 2, после преобразования будет выглядеть, как показано на рис. 3.

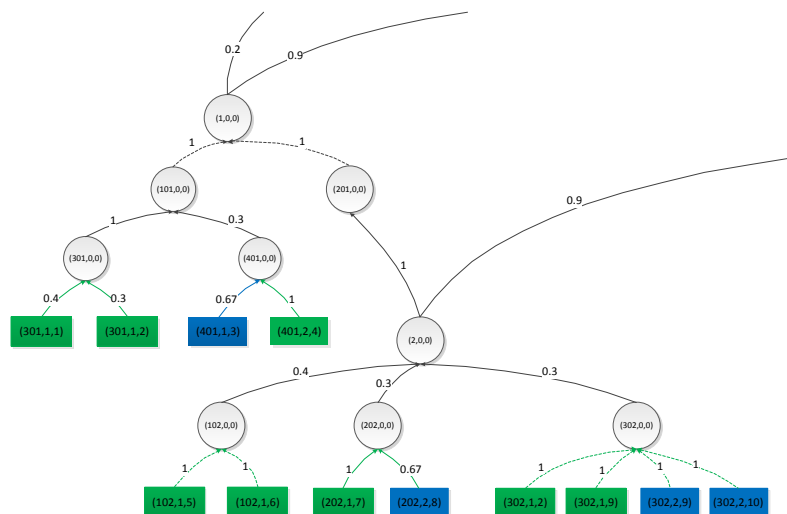


Рис. 3. Фрагмент преобразованного графа стратегической программы (фрагмент исходного графа см. на рис. 2)

В новой КМОЭС примем обозначения согласно таблице 2.

Таблица 2

Обозначения, принятые в новой КМОЭС

Константы	
\bar{N}	множество вершин преобразованного графа стратегической программы
\bar{P}	множество вершин преобразованного графа, которым соответствуют проектные

⁴ Индексы, за которыми скрываются тройные номера, помечаются крышкой.

	мероприятия
K_j	множество вершин преобразованного графа, из которых ведут сплошные дуги (определяют линейные отношения) в вершину \bar{j}
F_j	множество вершин графа, из которых ведут пунктирные дуги (определяют отношения типа «минимум») в вершину \bar{j}
s	количество типов ресурсов, требующихся для реализации стратегии
m	количество стратегических мероприятий
n	количество стратегических целей
w_j	весовой коэффициент j -й цели в критерии;
\hat{r}_{ij}	технологический коэффициент (количество i -го вида ресурса, необходимое для 100%-ного исполнения j -го мероприятия)
R_i	доступный объем i -го вида ресурса
$k_{\Gamma j}$	вес сплошной дуги, ведущей из вершины \bar{i} в вершину \bar{j}
$f_{\Gamma j}$	вес пунктирной дуги, ведущей из вершины \bar{i} в вершину \bar{j}
ε	близкая к нулю положительная константа (например, 0.0001)
Переменные	
x_j	уровень достижения цели (исполнения мероприятия), соответствующей вершине \bar{j}
a_j	уровень исполнения j -го мероприятия
δ_{jp}^I	бинарная переменная: если из взаимоисключающих групп мероприятий, которым соответствуют вершины, подчиненные вершине $(j, 0, 0)$, реализуется p -я группа, то $\delta_{jp}^I = 1$
δ_j^{II}	бинарная переменная: если проект, соответствующий вершине \bar{j} , исполняется, то $\delta_j^{II} = 1$

Условимся обозначать i -й компонент тройного номера \bar{j} -й вершины как $\bar{j}(i)$. Задача оптимизации распределения ресурсов, соответствующая новой КМОЭС, выглядит следующим образом:

1. Критерий задачи:

$$I_2 = \underbrace{\sum_{j=1}^n w_j x_{(j,0,0)}}_{I_{21}} - \varepsilon \underbrace{\sum_{j=1}^m a_j}_{I_{22}} \rightarrow \max_X, X = \{x_{\bar{j}}, a_j, \delta_{jp}^I, \delta_j^{II}\}. \quad (4.1)$$

2. Ресурсные ограничения:

$$\sum_{j=1}^m a_j r_{ij} \leq R_i, i = \overline{1, s}, \quad (4.2)$$

$$x_{\bar{j}} \leq a_{\bar{j}(3)}, \bar{j} \in \bar{N}, \bar{j}(2) \neq 0. \quad (4.3)$$

3. Ограничения, определяющие выбор реализуемых мероприятий:

$$\sum_{p=1}^{d_{\bar{j}(1)}} \delta_{\bar{j}(1)p}^I = 1, \bar{j} \in \bar{N}, \bar{j}(2) \neq 0, \quad (4.4)$$

$$\delta_{\bar{j}(1)p}^I \in \{0,1\}, \bar{j} \in \bar{N}, \bar{j}(2) \neq 0, p = \overline{1, d_{\bar{j}(1)}}, \quad (4.5)$$

где $d_{\bar{j}(1)} = \max_{\bar{i} \in \bar{N}, \bar{i}(1)=\bar{j}(1)} \bar{i}(2)$.

4. Линейные структурные ограничения:

$$x_{\bar{j}} \leq \sum_{\bar{i} \in K_{\bar{j}}, \bar{i}(2)=0} k_{\bar{i}\bar{j}} x_{\bar{i}}, \bar{j} \in \bar{N}, \quad (4.6)$$

$$\delta_{\bar{q}(1)p}^I x_{\bar{j}} \leq \delta_{\bar{q}(1)p}^I \sum_{\bar{i} \in K_{\bar{q}(1)p}^J} k_{\bar{i}\bar{j}} x_{\bar{i}}, \bar{j} \in \bar{N}, \bar{q} \in \bar{N}, p = \overline{1, d_{\bar{q}(1)}}, \quad (4.7)$$

$$K_{\bar{q}(1)p}^J = \{\bar{e} \in K_{\bar{j}} \mid \bar{e}(1) = \bar{q}(1), \bar{e}(2) = p\}. \quad (4.8)$$

5. Структурные ограничения типа «минимум»:

$$x_{\bar{j}} \leq f_{\bar{i}\bar{j}} x_{\bar{i}}, \bar{j} \in \bar{N}, \bar{i} \in F_{\bar{j}}, \bar{i}(2) = 0, \quad (4.9)$$

$$\delta_{\bar{q}(1)p}^I x_{\bar{j}} \leq \delta_{\bar{q}(1)p}^I f_{\bar{i}\bar{j}} x_{\bar{i}}, \bar{j} \in \bar{N}, \bar{q} \in \bar{N}, p = \overline{1, d_{\bar{q}(1)}}, \bar{i} \in F_{\bar{q}(1)p}^J, \quad (4.10)$$

$$F_{\bar{q}(1)p}^J = \{\bar{e} \in F_{\bar{j}} \mid \bar{e}(1) = \bar{q}(1), \bar{e}(2) = p\}. \quad (4.11)$$

6. Ограничения на уровни достижения целей:

$$0 \leq x_{\bar{j}} \leq 1, \bar{j} \in \bar{N}. \quad (4.12)$$

7. Ограничения на уровни исполнения проектных мероприятий:

$$x_{\bar{j}} = \delta_{\bar{j}}^H, \bar{j} \in \bar{P}, \quad (4.13)$$

$$\delta_{\bar{j}}^H \in \{0, 1\}, \bar{j} \in \bar{P}. \quad (4.14)$$

Техника решения задачи (4.1)–(4.14) достаточно проста. Ограничения (4.7), (4.10) преобразуются к линейным с использованием приема, предложенного в [12]. Он заключается в том, что каждое произведение бинарной и непрерывной переменной δx (δ – бинарная, x – непрерывная) заменяется непрерывной переменной z , на которую накладываются линейные ограничения:

$$L\delta \leq z \leq U\delta,$$

$$x - U(1 - \delta) \leq z \leq x - L(1 - \delta),$$

где константы L и U ограничивают переменную x снизу и сверху соответственно (в нашем случае $L = 0, U = 1$). Полученную таким образом смешанную 0-1 ЗЛП можно решить, к примеру, методом ветвей и границ или каким-либо алгоритмом, разработанным специально для решения задач данного класса (см., например, [13]).

Вычисленные в результате решения задачи оптимальные значения переменных $x_{(j,0,0)}^*$ ($j = \overline{1, n}$) соответствуют плановым уровням достижения стратегических целей, а значения переменных a_j^* ($j = \overline{1, m}$) – плановым уровням исполнения стратегических мероприятий при оптимальном их выборе и оптимальном распределении ресурсов между ними. Оптимальное количество i -го вида ресурса ($i = \overline{1, s}$), которое необходимо вложить в реализацию j -го мероприятия ($j = \overline{1, m}$) вычисляется по формуле $r_{ij} a_j^*$.

3. Пример использования новой КМОЭС

Новая КМОЭС была использована для планирования ресурсов предприятия ООО «ЭСТО-Вакуум», входящего в зеленоградский инновационный кластер. Данное предприятие является проектно-ориентированным и занимается разработкой, выпуском и эксплуатацией автоматизированного вакуумно-технологического оборудования для производства элементной базы авионики.

Для формирования стратегии предприятия на 2013–2014 гг. была использована методика SWOT [14]. Выполнив анализ сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, возникающих во внешней среде, мы сформировали *карту стратегии* (Рис. 4), включающую в себя 23 стратегических цели: две, относящихся к перспективе «Финансы» (F1–F2, выделены на рис. розовым цветом); семь – к перспективе «Клиенты и рынки» (M1–M7, выделены на рис. зеленым цветом), десять – к перспективе «Внутренние процессы» (P1–P10, выделены на рис. синим цветом), четыре – к перспективе «Обучение и развитие» (L1–L4, выделены на рис. фиолетовым цветом). В качестве *основных* целей выделены: «Увеличить чистую прибыль» (F1), «Повысить качество управления предприятием» (P4), «Обеспечить диверсифицированное предложение» (M2). Весовой коэффициент каждой из этих целей принят равным $1/3$.

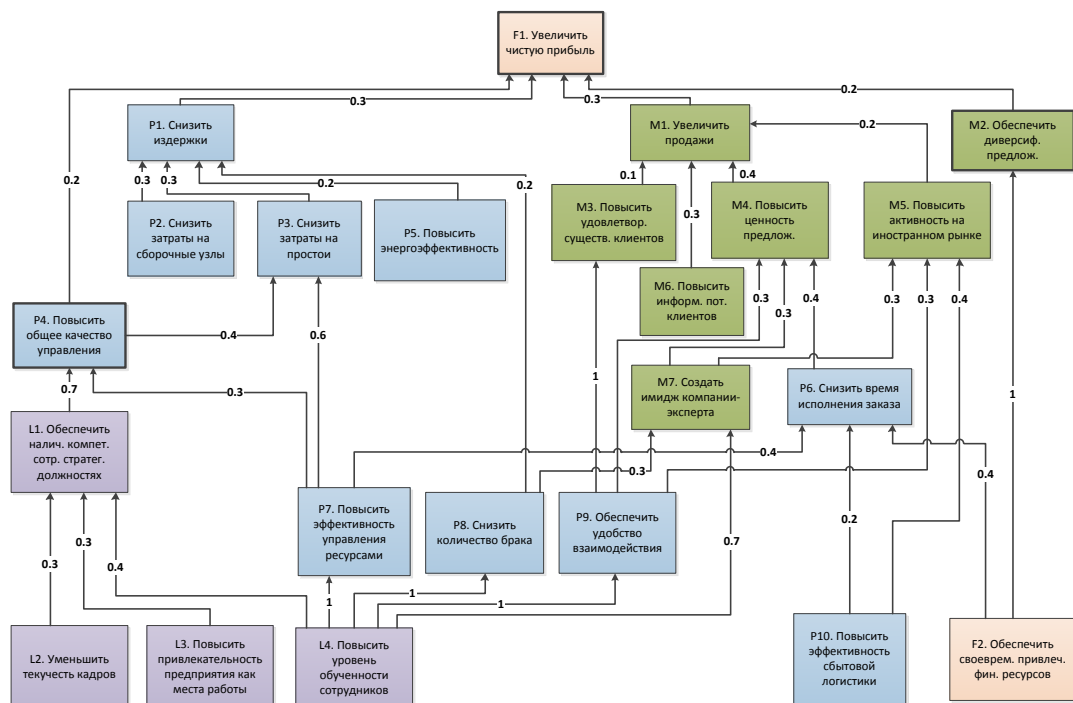


Рис. 4. Карта стратегии ООО «ЭСТО-Вакуум» (основные цели выделены утолщенной рамкой)

Далее были определены мероприятия, ведущие к достижению целей, с оценками их ресурсоемкости (см. Приложение). При этом были выделены пять видов ресурсов (Таблица 3).

Таблица 3

Ресурсы ООО «ЕСТО-Вакуум»

№	Наименование	Доступный объем	Параметры для расчета доступного объема			
			$n_{\text{ряд}}$ (штуки)	$t_{\text{ряд}}$ (часы)	$n_{\text{рук}}$ (штуки)	$t_{\text{рук}}$ (часы)
1	Труд сотрудников департамента проектирования	13248 чел.-час.	19	1	1	4
2	Труд сотрудников производственного департамента	19584 чел.-час.	21	1	3	4.333
3	Труд сотрудников департамента исследований	6336 чел.-час.	9	1	1	2
4	Труд сотрудников маркетингового отдела	12672 чел.-час.	9	2	1	4
5	Труд сотрудников отдела HR	5184 чел.-час.	1	3	2	3
6	Финансы	100 млн. руб.	—			

Доступные объемы трудовых ресурсов были вычислены по формуле:

$$R_i = 288 * 2 * (n_{(\text{ряд})i} t_{(\text{ряд})i} + n_{(\text{рук})i} t_{(\text{рук})i}), i = \overline{1,5},$$

где 288 – количество рабочих дней в году; 2 – горизонт планирования в годах; $n_{(\text{ряд})i}$ – количество рядовых сотрудников в подразделении, предоставляющем i -й вид трудовых ресурсов; $t_{(\text{ряд})i}$ – количество часов в день, которое рядовые сотрудники подразделения, предоставляющего i -й вид трудовых ресурсов, должны тратить на реализацию стратегических мероприятий; $n_{(\text{рук})i}$ – количество руководящих сотрудников в подразделении, предоставляющем i -й вид трудовых ресурсов; $t_{(\text{рук})i}$ – количество часов в день, которое руководящие сотрудники подразделения, предоставляющего i -й вид трудовых ресурсов, должны тратить на реализацию стратегических мероприятий.

Далее был построен граф стратегической программы (Рис. 6), показывающий влияния исполнения мероприятий на достижение целей (весовые коэффициенты дуг определены экспертным путем), сформулирована и решена задача оптимизации⁵. Получены следующие результаты:

- оптимальное значение взвешенной совокупности уровней достижения целей:

⁵ Для выполнения необходимых вычислений была разработана компьютерная программа (язык программирования C#, среда разработки Microsoft Visual Studio 2010). Для решения смешанной 0-1 ЗЛП была использована Open Source библиотека *lpsolve*. Решения задач этого типа в этой библиотеке осуществляется методом ветвей и границ с некоторой эвристикой. Оптимальное распределение ресурсов было найдено за 3.2 секунды (процессор Intel Core2 Duo 2,4 Ghz, ОЗУ 4 Гб, ОС Windows 7 32bit).

$$I_{21}^* = \frac{x_{F1}^* + x_{P4}^* + x_{M2}^*}{3} * 100\% = 94\%,$$

- оптимальные уровни достижения целей и исполнения мероприятий представлены на рис. 5 посредством закрашивания соответствующих вершин (если уровень не равен 0% или 100%, то он продублирован числом рядом с соответствующей вершиной),
- график использования ресурсов, показывающий для каждого вида ресурса отношение объема, которые необходимо израсходовать, к доступному объему, представлен на рис 5. Лимитирующим ресурсом оказался труд сотрудников производственного департамента (он расходуется на 100%).

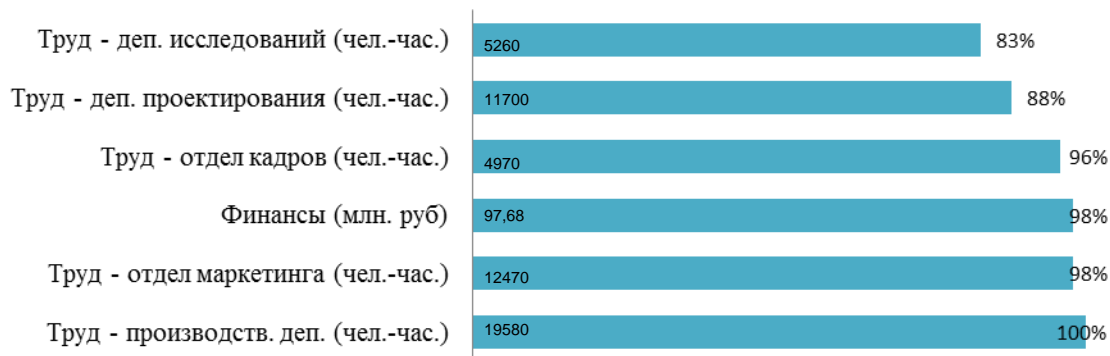


Рис. 5. График использования ресурсов

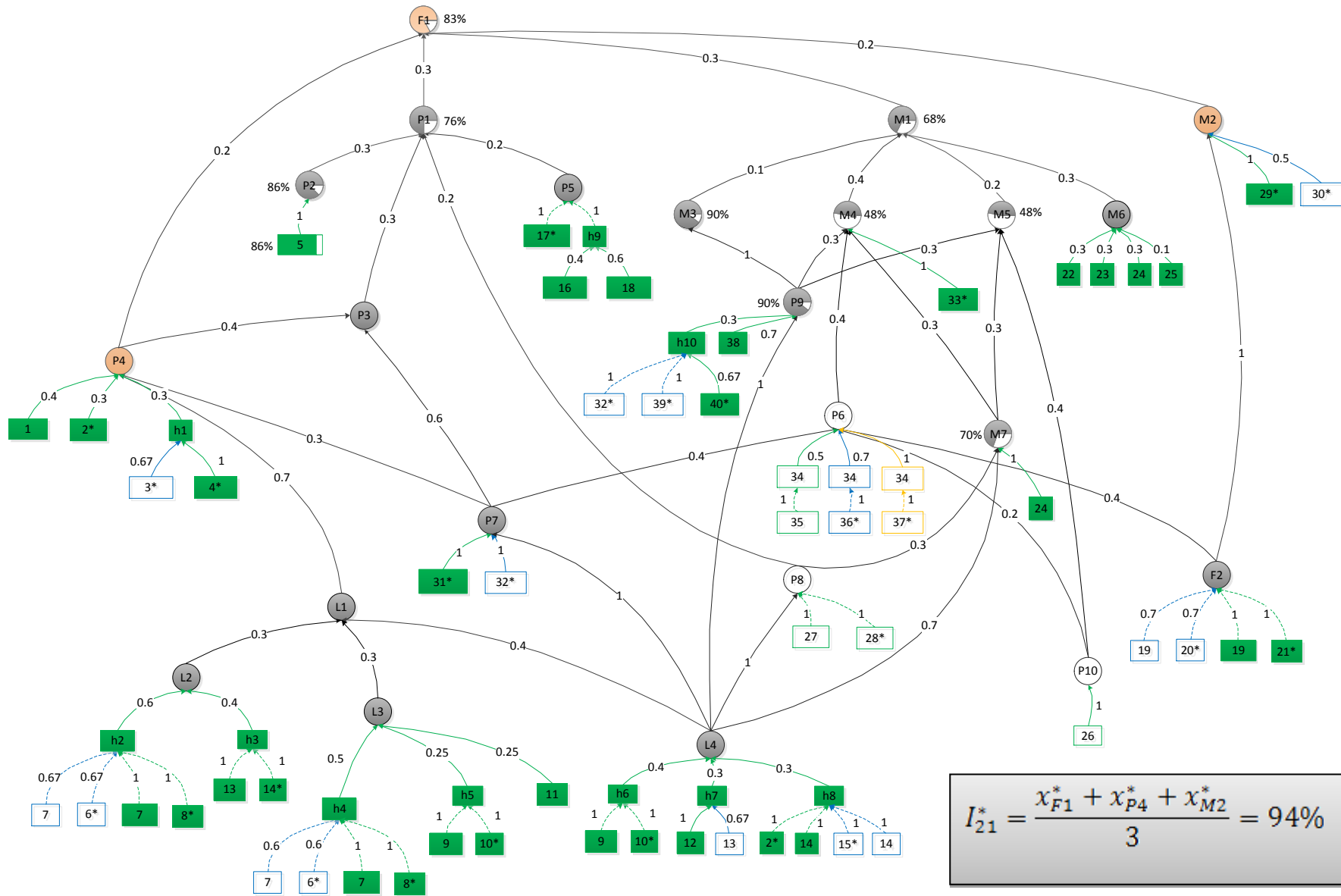


Рис. 6. Граф стратегической программы ООО «ЭСТО-Вакуум» с результатами оптимизации

Заключение и направления дальнейших исследований

В статье предложена новая количественная модель оценки эффективности стратегии, существенно расширенная по сравнению с базовой моделью, описанной в работе [6]. Модель была использована для решения задачи реального предприятия и доказала свою практическую пригодность. Предлагаемый в рамках модели метод оптимизации распределения ресурсов может быть реализован в виде отдельного инструмента аналитической web-системы, направленной на поддержку принятия решений при формировании стратегии предприятия авиационной промышленности [15].

Дальнейшие исследования, на наш взгляд, следует связать с:

- 1) разработкой методов календарного планирования исполнения стратегических мероприятий,
- 2) разработкой подходов к использованию методов анализа чувствительности в предлагаемой модели,
- 3) разработкой методов оптимизации распределения ресурсов предприятия, учитывающих качественные и количественные оценки важности достижения различных целей.

Приложение

Стратегические мероприятия ООО «ЭСТО-Вакуум»

ID	Название инициативы	Ресурсоемкость					
		Финансы (млн. руб.)	Труд (чел.-час.)				
			Деп. проект.	Произв. деп.	Деп. исслед.	Маркет. отдел	Отдел HR
1	Обучить сотрудников, занимающих руководящие должности в компании (посещение тренингов, семинаров, покупка образовательных материалов)	2	400	400	400	400	400
2	Внедрить корпоративный портал (1С-Битрикс)	0.6	1500	1500	700	700	150
3	Внедрить систему контроля и мотивации достижения стратегических целей: на основе электронных таблиц (Excel)	4	100	100	100	100	500
4	Внедрить систему контроля и мотивации достижения стратегических целей: на основе специализированного решения (KPI Dashboard)	3	200	200	200	200	1000
5	Наладить отношения с зарубежными поставщиками	3	0	3000	0	1500	0
6	Разработать ценностное предложение сотрудникам (ЦПС): самостоятельная разработка	0	200	200	100	100	1000
7	Внедрить разработанное ЦПС	8	0	0	0	0	0
8	Разработать ценностное предложение сотрудникам (ЦПС): ЦПС разрабатывается специализированной консалтинговой	1	100	100	60	60	200

	компанией (HR-консалтинг)						
9	Реализовать программу повышения квалификации рядовых сотрудников компании	10	3000	3000	1500	1500	300
10	Разработать программу повышения квалификации для рядовых сотрудников компании	0	300	300	100	100	1500
11	Обеспечить привлечение студентов старших курсов на практику в компании	0.5	200	200	100	0	300
12	Обеспечить передачу знаний от опытных сотрудников новичкам (развить систему наставничества): передача знаний в рабочее время	1	1500	1500	500	500	300
13	Обеспечить передачу знаний от опытных сотрудников новичкам (развить систему наставничества): организация сверхурочных встреч	3	0	0	0	0	0

Продолжение приложения

14	Наполнить базу знаний компании	2	1500	1500	1000	1000	500
15	Внедрить инструмент для формирования базы знаний на основе Open Source решения (Wiki)	0.3	0	0	0	0	0
16	Внедрить программу мотивации экономии электроэнергии	2	0	0	0	0	0
17	Разработать программу экономии электроэнергии (мотивация экономии + энергосберегающее оборудование)	0	300	1000	300	0	100
18	Внедрить энергосберегающее оборудование	8	0	0	0	0	0
19	Реализовать программу привлечения финансовых средств	3	0	1000	0	0	0
20	Разработать программу привлечения финансовых средств (бизнес-план): самостоятельная разработка	0	400	1500	400	700	200
21	Разработать программу привлечения финансовых средств (бизнес-план): разработка с участием консалтинговой фирмы	1.5	100	300	100	120	120
22	Наполнить Интернет-сайт компании контентом	2	0	0	0	1500	0
23	Обеспечить лидирующие позиции Интернет-сайта компании в поисковой выдаче	2	0	0	0	300	0
24	Обеспечить участие в отраслевых конференциях, выставках	8	0	0	0	3000	0
25	Обеспечить присутствие информации о компании в справочных системах	2	0	0	0	500	0
26	Провести исследование и подготовить рекомендации по выбору аутсорсеров в области логистики	0	0	1000	0	0	0
27	Внедрить систему контроля качества	8	1000	3500	0	0	0
28	Разработать систему контроля качества	0	1000	3000	1000	0	0
29	Организовать дополнительный производственный участок (2 дополнительных линии сборки)	50	1700	3500	0	0	1000

30	Организовать дополнительный производственный участок (1 дополнительная линия сборки)	30	1000	2000	0	0	500
31	Провести реинжиниринг процессов планирования и управления проектами с внедрением нового ПО	5	600	1500	0	300	0
32	Создать ИТ-отдел, сотрудники которого будут модифицировать существующую информационную систему в соответствии с потребностями сотрудников отдела планирования	6	0	0	0	0	600
33	Разработать программу оказания дополнительных услуг клиентам (технико-экономическое обоснование)	0	1000	1000	300	1000	0
34	Внедрить рекомендации по оптимизации процесса производства	15	1000	3000	0	0	0

Продолжение приложения

35	Разработать рекомендации по оптимизации производственного процесса: на основании сбора рационализаторских предложений	0	800	1500	800	0	300
36	Разработать рекомендации по оптимизации производственного процесса: с привлечением консалтинговой фирмы «средней руки»	2	200	500	200	0	200
37	Разработать рекомендации по оптимизации производственного процесса: с привлечением «топовой» консалтинговой фирмы	3	200	500	200	0	200
38	Заключить аутсорсинговые договоры с удаленными сервисными центрами (в России и за рубежом)	2	0	1500	0	0	0
39	Создать собственную систему для проведения видеоконференций с заказчиком	1	0	0	0	0	0
40	Аренда SaaS-приложения для проведения видеоконференций	0,5	0	0	0	0	0

Библиографический список

1. Эффективность стратегии фирмы: учеб. пособие / под ред. А.П. Градова. – СПб.: Специальная Литература, 2006, 414 с.
2. Каплан Р., Нортон Д. Награда за блестящую реализацию стратегии. Связь стратегии и операционной деятельности – гарантия конкурентного преимущества / Пер. с англ. М. Павловой. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010, 368 с.
3. Новиков А.Н. Инструментарий управления финансированием производственной деятельности предприятий авиационной промышленности. Дис. ... канд. экон. наук. М.: 2008.
4. Развитие авиационной промышленности России на 2013–2025 годы. Государственная программа, Министерство промышленности и торговли России, 2012. Адрес в Интернете: www.minpromtorg.gov.ru/reposit/minprom/ministry/fcp/10/GP_RAP_V72.pdf (30.01.2013 г.)
5. Мантуров Д.В., Клочков В.В. Методологические проблемы стратегического планирования развития авиационной промышленности, Электронный журнал «Труды МАИ», Т. 53,

2012. Адрес в Интернете: www.mai.ru/science/trudy/published.php?eng=Y&ID=29364 (30.01.2013 г.)
6. Hell M., Vidačić S., Garača Z. Methodological approach to strategic performance optimization, *Management*, Vol. 14, No. 2, 2009, pp. 21–42. Адрес в Интернете: hrcak.srce.hr/file/74195 (30.01.2013 г.)
 7. Шелупанова П.А. Формирование системы ключевых показателей при планировании деятельности проектно-ориентированных предприятий приборостроения, *Управление экономическими системами*, 35, 11/2011. Адрес в Интернете: uecs.ru/uecs-35-352011/item/755-2011-11-03-07-15-57 (30.01.2013 г.)
 8. Тарасова Е.В., Сапфиров А.О. Вопросы переоценки стоимости нематериальных активов авиационного предприятия, *Вестник Московского авиационного института*, Т. 17, № 6, 2010, с. 200–203.
 9. Rodrigues R.R., Alfaro J.J., Ortiz A. Quantitative relationships between key performance indicators for supporting decision-making process, *Computers in Industry*, Vol. 60, 2009, pp. 104–113.
 10. Yershov D.M., Babenko E.A., Skorodumov S.V. Usage of interval cause-effect relationship coefficients in the quantitative model of strategic performance, *Croatian Operational Research Review*, Vol. 3, 2012, pp. 176–189
 11. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
 12. Glover F. Improved linear integer programming formulations of nonlinear integer problems, *Management Science*, Vol. 22, No. 4, 1975, pp. 455–460.
 13. Wilbaut C., Hanafi S. New convergent heuristics for 0-1 mixed integer programming, *European Journal of Operation Research*, Vol. 195, No. 1, 2009, pp. 62–74.
 14. Учитель Ю.Г., Учитель М.Ю. SWOT-анализ и синтез – основа формирования стратегии организации. – М.: Либроком, 2010, 328 с.
 15. Ершов Д.М., Скородумов С.В. Информационная система проектирования стратегии высокотехнологичной компании, *Модернизация и инновации в авиации и космонавтике / Под ред. проф. Ю.Ю. Комарова*. – М: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010, 394 с.