МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

(ТУСУР)

Кафедра телевидения и управления

(ТУ)

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ТУ
Проф. Пустынский И.Н.

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

Учебное пособие для специальностей:

080503.65 **210402.65**

090103.65 **210405.65**

090104.65 **100101,65**

210302.65 **210312.65**

210401.65

Разработчики:

Проф., д.т.н. ____________ А.М. Семиглазов,

к.т.н __________________ В.А.Семиглазов

Томск 2012

А.М. Семиглазов, В.А. Семиглазов. Сборник задач по дисциплине «Инновационный менеджмент»: Учебное пособие. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. – 100 с.

Целью настоящего Сборника задач является научить студентов, слушателей принимать обоснованные управленческие решения в области инновационного менеджмента на базе теорий вероятности, статистики, линейного, динамического программирования, компьютерного моделирования в среде MS Excel, теории игр.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Инновационный менеджмент – это инструмент в конкурентной борьбе фирм и это ключ к антикризисному управлению фирмой.

Целью настоящего Сборника задач является научить студентов, слушателей принимать обоснованные управленческие решения в области инновационного менеджмента на базе теорий вероятности, статистики, линейного, динамического программирования, компьютерного моделирования в среде MS Excel, теории игр.

Авторы считают, что в ряде случаев в процессе принятия управленческого решения, гораздо труднее сформулировать задачу, чем решить ее известными методами.

В Сборнике сформулированы задачи и даны методы их решения, а студентам и слушателям предлагается самостоятельно сформулировать подобные задачи и решить их из общего лекционного курса дисциплины «Инновационный менеджмент».

Авторы надеются, что настоящий Сборник поможет привить студентам вкус к математическим методам исследования управленческих решений и тем самым повысить их объективность, достоверность и обоснованность.

С уважением, авторы.

Выбор инновационной стратегии фирмы на основе оценки гипотез по Байесу

Задача 1

Инновационная фирма собирается заключить контракт на разработку нового наукоёмкого прибора с Министерством обороны. Если основной конкурент фирмы не станет одновременно претендовать на заключение контракта, то вероятность получения контракта оценивается в 0,45; в противном случае – в 0,25. По оценкам экспертов компании, вероятность того, что конкурент выдвинет свои предложения по заключению контракта, равно 0,40.

Чему равна формула полной вероятности?

$P\ (A/H_1)=0{,}45.$

$P\ (A/H_2)=0{,}25.$

$P\ (H_2)=0{,}40.$

$P\ (H_1)=1\text{-}0{,}40=0{,}60.$

$P\ (A)= P\ (A/H_1)\cdot P\ (H_1)+ P\ (A/H_2)\ \cdot P\ (H_2)=0{,}45\cdot 0{,}6+0{,}20\cdot 0{,}40=0{,}37.$

P(A) – полная вероятность заключения контракта.

Задача 2

Экономист-аналитик условно подразделяет экономическую ситуацию в стране на «хорошую», «посредственную» и «плохую» и оценивает их вероятность для данного момента времени в 0,15, 0,70 и 0,15 соответственно. Индекс распродажи нового товара возрастает с вероятностью -0,6, когда ситуация «хорошая», с вероятностью 0,3, когда «посредственная» и с вероятностью 0,1, когда «плохая».

Пусть в настоящее время индекс распродаж товара вырос. Какова вероятность того, что экономика страны на подъеме?

$P\ (H_1)=0{,}15,\qquad P\ (H_2)=0{,}70,\qquad P\ (H_3) = 0{,}15.$

P (A) – вероятность возрастания продаж.

$P\ (A/H_1)=0{,}6, \quad P\ (A/H_2)=0{,}50, \quad P\ (A/H_3)=0{,}1.$

$P\ (H_1/A)= P\ (A/H_1)\ \cdot P\ (H_1)/\ P\ (A)=0{,}6\cdot 0{,}15/0{,}6\cdot 0{,}15 + 0{,}3\cdot 0{,}7 + 0{,}15\cdot 0{,}1 = 0{,}09/0{,}315 =0{,}2857$

(А иначе как судить о подъеме экономии только через производство и потребление, здесь анализируется потребление)

Задача 3

Моделирование Инновационной стратегии фирмы в условиях конкурентной борьбы.

Известно [1], что эффективным средством противодействия фирмы в конкурентной борьбе, завоевания новых ниш рынка является ее активная инновационная стратегия, направленная на освоение новой продукции или модернизацию и дифференциацию устаревшей. Однако, проведение НИР или ОКР является дорогостоящим мероприятием и прибегать к нему следует в исключительных случаях, если только фирма не является эксплерентом, венчурным предприятием.

Поводом для проведения интенсивных инновационных исследований может послужить инновационная активность конкурентов. Сам факт намерения на проведение работ по обновлению номенклатуры товаров конкурента относится к его конфиденциальным сведениям. Поэтому информацию о замыслах конкурента можно получить по косвенным признакам, которые с какой-то долей вероятности могут свидетельствовать о его инновационной активности. К таким признакам можно отнести следующие действия конкурента.

- Проведение дополнительного набора сотрудников определенной квалификации через объявление в газете, заявки в кадровое агентства, объявление отдела кадров, заявки в учебные заведения, переобучение кадров и т.п.
- Осуществление строительства, или приобретение, или аренда новых производственных помещений.
- Аккумулирование дополнительных финансовых средств путем довыпуска акций.

– Реорганизация фирмы, например, из ООО в ОАО; объединение нескольких фирм в консорциум – временное объединение для реализации нового проекта; вхождение в финансово-промышленную группу (ФПГ).

– Сообщение в СМИ информации о конкуренте в связи с юбилеем его фирмы или другим поводом, в котором могут быть раскрыты его будущие планы по инновациям.

– Победа конкурента на конкурсе инновационных проектов, проводимых в рамках поддержки предпринимательства; получение гранда, сообщение о которых неизбежно в СМИ в виду публичности проведения таких мероприятий.

– Получение сотрудниками конкурента патентов, свидетельств на полезную модель, информация о которых публикуется в специальных бюллетенях и т.д.

Рассмотрим некоторые примеры прогнозирования серьезности намерения конкурента в сфере инновационной активности.

Пусть, например, эксперты фирмы «Импульс», исходя из анализа жизненного цикла товара конкурента, оценивают вероятность того, что конкурент может пойти на выпуск новой, очень конкурентоспособной продукции на уровне 70%

Эта вероятность еще не достаточна, чтобы идти на ответные дорогостоящие меры фирме «Импульс». Принято решение о необходимости собрать дополнительную информацию о намерении конкурента – стратегия выжидания.

Эксперты фирмы «Импульс» считают, что для выпуска новой продукции, исходя из кадрового состава фирмы-конкурента, она с 85% вероятностью пойдет на дополнительный набор кадров.

Вероятность того, что конкурент может и по другим причинам осуществлять дополнительный набор кадров, таких как: компенсация текучести кадров, расширение объема выпуска устаревшей продукции, организация дополнительных, обслуживающих второстепенных подразделений и т.д., эксперты оценили на уровне 20%.

Руководству фирмы «Импульс» стало известно о дополнительном наборе сотрудников у конкурента. Как эта информация должна изменить представление руководства фирмы «Импульс» о возможности перехода конкурента на выпуск новой продукции?

Для переоценки вероятности перехода конкурента на выпуск новой продукции после получения информации о начале допнабора сотрудников следует использовать формулу Байеса [2]:

$$P(H_1 / A) = \frac{P(A / H_1)P(H_1)}{P(A)}$$

Здесь $P(H_1 / A)$ - уточненная вероятность предположения о переходе конкурента на выпуск новой продукции (H_1) – первая гипотеза в результате получения информации о допнаборе у него сотрудников (A).

$P(H_1)$ - первоначальная вероятность предположения события H_1. Она по условию равна 0,7.

$P(A)$ - полная вероятность начала допнабора у конкурента по разным причинам, а не только в связи с выпуском новой продукции, до получения информации о фактическом начале допнабора (априори).

$$P(A) = P(A / H_1)P(H_1) + P(A / H_2)P(H_2)$$

Здесь $P(A / H_1)$ - условная вероятность набора, вызванная инновационной активностью, равная 0,85.

$P(A / H_2)$ - условная вероятность набора, вызванная другими причинами, равная 0,2 по условию задачи.

$P(H_2)$ - вероятность второй гипотезы, H_2, заключающейся в том, что конкурент руководствовался другими причинами, помимо инновационных.

Так как полная вероятность гипотез должна быть равна единице, то

$$P(H_2) = 1 - P(H_1) = 1 - 0{,}7 = 0{,}3$$

После подстановки соответствующих значений в формулу Байеса, получим:

$$P(H_1 / A) = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}7}{0{,}2 \cdot 0{,}3 + 0{,}85 \cdot 0{,}7} = 0{,}99$$

Это уже тот уровень вероятности инновационной активности конкурента, когда надо принимать решение об ответных мерах на угрозу конкурента, а это уже оборонительная или даже наступательная стратегия.

В ряде случаев, а скорее всего в большинстве, нельзя бывает выявить условную вероятность $P(A/H)$ - зависимость события A от гипотезы H столь значительной величины, как в рассмотренном примере (0,85), от одного из факторов инновационной активности. В этом случае целесообразно рассмотреть комплекс факторов и характеризующие их вероятности.

Задача 4

Рассмотрим следующий пример.

Эксперты фирмы «Импульс» считают, что вторая конкурирующая фирма может приступить к выпуску новой продукции с вероятностью $P_Ф=0,7$, если она предпринимает шаги к наращиванию финансового фактора производства – получение крупного кредита, инвестиций, осуществление дополнительной подписки на акции и т.д.

С вероятностью $P_K=0,5$, если конкурент объявил дополнительный набор кадров и с вероятностью $P_C=0,3$, если предпринимает шаги к расширению производственных площадей. Каждая в отдельности из этих вероятностей – не повод к ответным действиям фирмы «Импульс», но суммарная вероятность (P_Σ) от комплекса воздействующих факторов может привести к противоположному выводу.

Суммарную вероятность несовместных событий в комплексе можно рассчитать по следующей формуле:

$P_\Sigma = 1 - q_Ф \cdot q_K \cdot q_C$, где

$q_Ф = 1 - P_Ф$; $\quad q_K = 1 - P_K$ $\quad q_C = 1 - P_C$

Для нашего случая:

- При совместном действии всех трех факторов $P_{\Sigma_1} = 1 - 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 0,895$
- При учете только $P_Ф$ и P_K , $P_{\Sigma_2} = 0,85$
- При учете только $P_Ф$ P_C ; $P_{\Sigma_3} = 0,79$
- При учете только P_C и P_K , $P_{\Sigma_4} = 0,65$

Очевидно, что P_{Σ_1} и в какой-то степени P_{Σ_2} могут служить сигналом к изменению в инновационной стратегии фирмы «Импульс».

При более расширенном объеме информации, более точные результаты можно получить при использовании формулы «двойного и тройного Байеса»; для двойного:

$$P(H_1 / A\_и\_B) = \frac{P(A/H_1)P(B/H_1)P(H_1)}{P(AB)}, \text{ где}$$

$P(B/H_1)$ - учет второго фактора В (финансы).

$P(AB)$ - полная вероятность событий с учетом двух факторов (кадры и финансы).

Например, для нашего случая учета двух факторов - $P_Ф$ и $P_К$ и прежнем значении $P(H_1)$ $=0,7$ получим

$$P(H_1 / A \& B) = \frac{0{,}7 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7}{0{,}7 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 + 0{,}4 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}3} = 0{,}91$$

Здесь $P_К = P(A/H_1)$; $P_Ф = P(B/H_1)$, при этом полагаем, как прежде, $P(\grave{A}/H_2)$=0,2, а $P(\hat{A}/H_2)$ принимаем 0,4.

Конечно, наиболее сложным моментом в рассмотренных методах формирования инновационных стратегий является оценка различного рода вероятностей. Такая оценка производится на базе статистической обработки результатов длительных наблюдений, обобщения выводов аналитиков, широкого использования литературных источников, экспертных оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семиглазов А.М., Семиглазов В.А. Инновационное предпринимательство: Учебное пособие. – Изд-во ТУСУР, г. Томск. 2002 – 200с.
2. Князевский Н.В., Князевский В.С. Принятие рискованных решений в экономике и бизнесе - М: «Контур». 1998г. – 160с.

«Семь правил» управления рисками

Задача 5

Пусть менеджеру надо сделать выбор между вариантами создания малолитражного автомобиля, джипа и грузовика при вариантах обстановки на рынке.

А – ухудшение ситуации
Б – стабилизация
В – улучшение ситуации
Составим таблицу выигрышей (табл.1) в млн. руб.

Правило 1. (Наибольшей вероятности). Предположим вероятность ситуаций такова, что $P_А>P_Б>P_В$. В этом случае надо принимать решение по самой вероятной ситуации, т.е. надо выпускать джип (100 млн.р.)

Правило 2. (Математического ожидания). Предположим вероятности ситуаций можно оценить количественно, например, $P_А$=0,5. $P_Б$=0,3. $P_В$=0,2 (Сумма=1). Правило. Необходимо выбрать **наибольший** ожидаемый в среднем выигрыш.

Малолитражка $\sum_{i=1}^{3} P_i X_1 = 0{,}5*55 + 0{,}3*70 + 0{,}2*60 = 60{,}5$

Джип $0{,}5*100 + 0{,}3*25 + 0{,}2*50 = 67{,}5$

Грузовик $0{,}5*75 + 0{,}3*50 + 0{,}2*90 = 70{,}5$, т.е. **грузовик**, а не джип, как было раньше.

Правило 3. Правило недостаточного основания. Если вероятности качественно (пр.1) или количественно (пр.2) невозможно установить, то необходимо считать все ситуации равновероятными и рассчитать средний ожидаемый выигрыш исходя из этого.

Малолитражка: 1/3 (55+70+60)=61,7

Джип 1/3 (100+25+50) = 58,3

Грузовик 1/3 (75+50+90) = 71,6. Вывод: ***Грузовик***

Правило 4 – Правило осторожного пессимиста (Обстановка на рынке неясна)

Пессимист всегда говорит: все плохо, и будет плохо, а оптимист говорит: то ли еще будет. Пессимист говорит, что стакан наполовину пуст, а оптимист, что наполовину полон.

Необходимо выделить наихудшие варианты решения во всех вариантах обстановки (ситуации спроса) и среди них выбрать все-таки наилучший. ***Выбор максимума из минимальных выигрышей. Правило Максмин.*** Для нашего варианта для ситуации А, Б, В соответственно: 55, 25 и 50.

Итог: **малолитражка.**

Уже хуже этого результата не будет!

Выбирать надо по горизонтали для каждого товара и выбирать наименьшее, а из них большее.

Правило 5. Правило Минимакса (ситуация на рынке неясна). Это правило связано не с выигрышами, а потерями. Составим таблицу потерь – табл.2 В каждой колонке находим максим.число и из него вычитаем все остальные. Для нашего примера надо выбрать грузовик.

Сравнение идет по строкам. Ищем максимальные потери в строке, а из них выбираем меньшие.

Правило: ***необходимо выбирать из максимальных потерь минимальную.***

Правило 6. Критерий пессимиста – оптимиста (Ситуация на рынке)

Введем k – коэффициент пессимизма. 0 <=K<=1. Тогда коэффициент оптимизма равен 1- k. Этот коэффициент «k» определяет для себя самого ЛПР. Пусть, например, k = 0,6, тогда составляется табл.3.

Выбери для каждого решения наименьшее и наибольшие выигрыши в рассматриваемых вариантах обстановки и с помощью коэффициентов пессимизма – оптимизма рассчитай ожидаемый в среднем выигрыш: выбираем больший.

Из подсчитанных величин выбираем **грузовик.**

Правило 7. Введение страхующих элементов.

В зависимости от степени риска той или иной ситуации в бизнесе формируется разный по величине страховой фонд. Пусть, например, для ситуации А страховой фонд составляет 30 %. По всем видам автомобилей. Для ситуации Б – 20 % и В – 10 %.

Подсчитаем затраты на страховые элементы по каждой ситуации и вычтем из доходов для этой же ситуации табл.1. Затем произведем подсчет результирующей прибыли и выберем решение из минимумов по каждой строке максимальное (максмин).

Сочетание с правилом 4.

(38,5; 20; 40. Наибольший 40. Грузовик)

А без страхующих элементов была малолитражка.

Железного правила выбора решения нет, но суммируя результаты по всем методам принятия решения имеем:

1. Джип
2. Грузовик
3. Грузовик
4. Малолитражка
5. Грузовик
6. Грузовик
7. Грузовик

ИТОГ: По правилу «стабильной оптимальности» наиболее частое (стабильное) решение – грузовик.

Таблица 5.1

Варианты спроса				
Варианты решения	А	Б	В	Сумма спроса
1. Малолитражка	55	70	60	185
2. Джип	100	25	50	175
3. Грузовик	75	50	90	215

Таблица 5.2

Варианты спроса				
Варианты решения	А	Б	В	Сумма спроса
1. Малолитражка	45	0	30	45
2. Джип	0	45	40	45
3. Грузовик	25	20	0	25

Таблица 5.3.

Варианты спроса				
Варианты решения	Минимум выигрыша	Максимум выигрыша	Величина критерия пессимизма-оптимизма	
1. Малолитражка	55	70	55*0,6+70*0,4=51	
2. Джип	25	100	25*0,6+100*0,4=55	
3. Грузовик	50	90	50*0,6+90*0,4=66	

Таблица 5.4.

Варианты спроса									
Варианты решения	Исходные прибыли			Затраты на страховые элементы			Прибыли после выделения страховых элементов		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
1. Малолитражка	55	70	60	16,5	14	6	38,5	56	54
2. Джип	100	25	50	30	5	5	70	20	45
3. Грузовик	75	50	90	22,5	10	9	52,5	40	81

Максмин

Принятие управленческого решения методом «дерева решений»

Дерево решений – особый графический прием, позволяющий наглядно представить логическую структуру принятия решений. К нему прибегают тогда, когда решение принимается поэтапно или когда с переходом от одного варианта решения к другому меняются вероятности. Дерево решений создается при движении слева направо, а анализируется в обратном направлении. Поэтому этот анализ называют обратным.

При создании дерева пункты принятия решения обозначаются квадратами, а узлы возникающих неопределенностей – кружками.

Для каждого разветвления неопределенности рассчитываются вероятность, а в конце каждой финальной ветви указывается ожидаемая выплата. При обратном анализе для каждого узла рассчитывается математическое ожидание выплаты. Для каждого пункта принятия решения выплата максимизируется. Лучшее решение выбирается по максимуму выплат.

Задача 6

Руководство некоторой компании решает, создавать ли для выпуска новой продукции крупное производство, малое предприятие или продать патент другой фирме. Размер выигрыша, который компания может получить, зависит от благоприятного или неблагоприятного состояния рынка (табл.6.1).

Таблица 6.1

Номер стратегии	Действия компании	Выигрыш, дол., при состоянии экономической среды*	
		Благоприятном	Неблагоприятном
1	Строительство крупного предприятия (a_1)	200 000	- 180 000
2	Строительство малого предприятия (a_2)	100 000	- 20 000
3	Продажа патента (a_3)	10 000	10 000
• - Вероятность благоприятного и неблагоприятного состояний экономической среды равна 0,5			

На основе данной таблицы выигрышей (потерь) можно построить дерево решений (рис. 6.1).

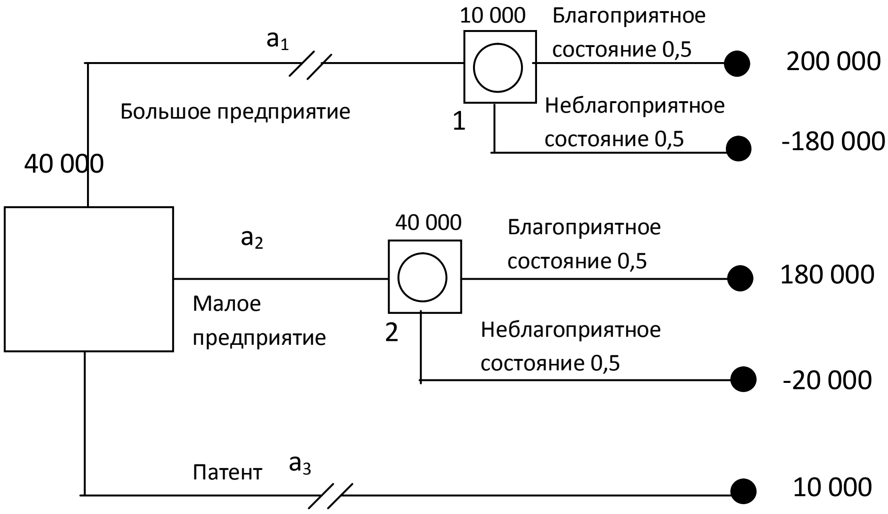


Рисунок 6.1.

Задача 7

Пусть перед тем, как принимать решение о строительстве, руководство компании заказывает дополнительное исследование состояния рынка, причем предоставляемая услуга обойдется компании в 10 000 дол. Руководство понимает, что дополнительное исследование по-прежнему не способно дать точной информации, но оно поможет уточнить ожидаемые оценки конъюнктуры рынка, изменив тем самым значения вероятностей.

Относительно фирмы, которой можно заказать прогноз, известно, что она способна уточнить значения вероятностей благоприятного или неблагоприятного исхода. Возможности фирмы в виде условных вероятностей благоприятности и неблагоприятности рынка сбыта представлены в табл. 6 Например, когда фирма утверждает, что рынок благоприятный, то с вероятностью 0,78 этот прогноз оправдывается (с вероятностью 0,22 могут возникнуть неблагоприятные условия), прогноз о неблагоприятности рынка оправдывается с вероятностью 0,73.

Таблица 7.1

Прогноз фирмы	Фактически	
	благоприятный	Неблагоприятный
Благоприятный	0,78	0,22
Неблагоприятный	0,27	0,73

Предположим, что фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

- Ситуация будет благоприятна с вероятностью 0,45.
- Ситуация будет неблагоприятна с вероятностью 0,55.

На основании дополнительных сведений можно построить новое дерево решений (рис. 7.1), где развитие событий происходит от корня дерева к исходам, а расчет прибыли выполняется от конечных состояний к начальным.

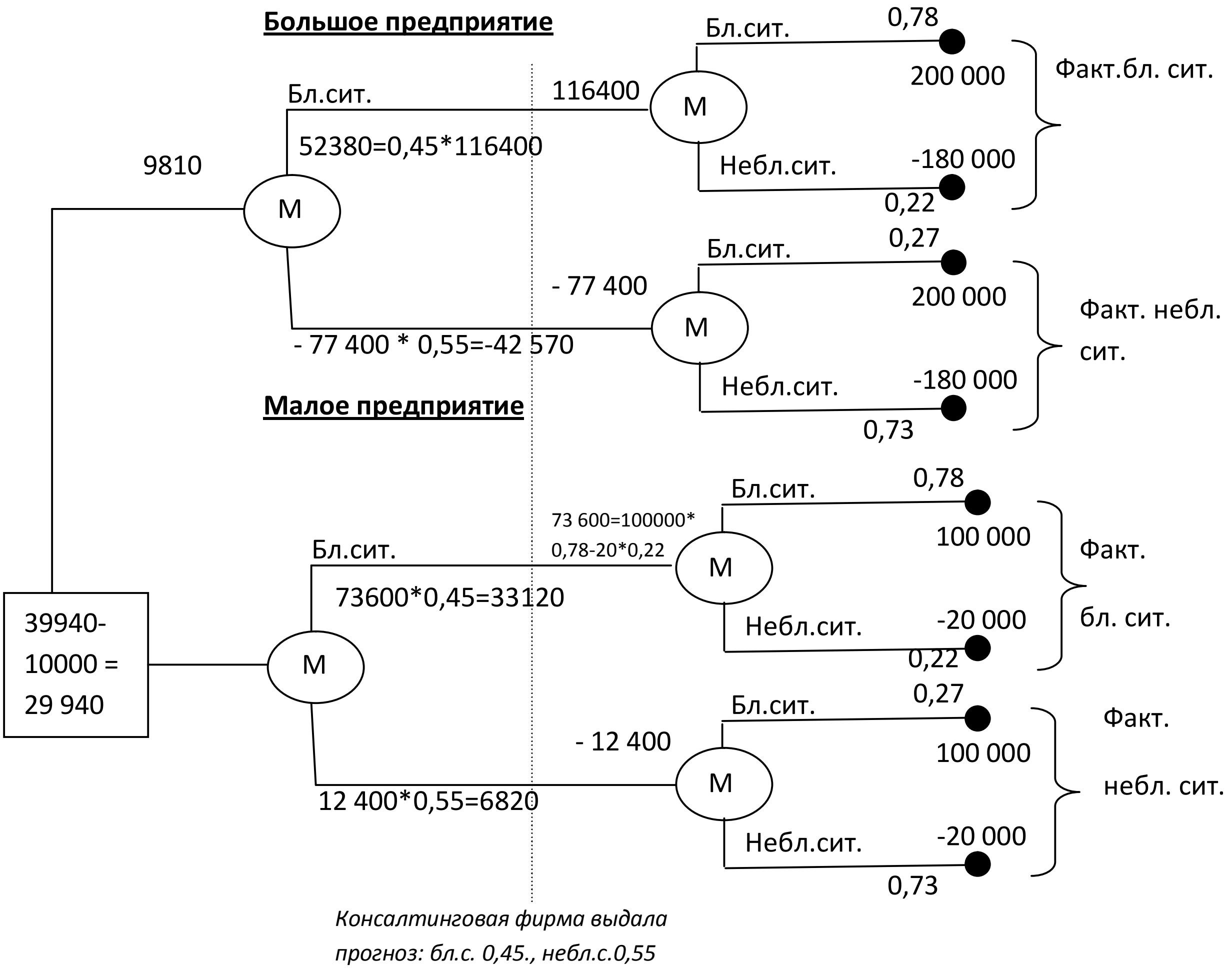


Рисунок 7.1

Замечания

Раньше в рис.7.1 в местах были определенный выплаты (200 000 – 180 000) и (100 000 – 20 000), а на рис.2 уже не определенные, поэтому в этих местах стоят дополнительные кружки неопределенности, обусловленные ошибками прогноза фирмы. Когда мы раскрыли эти неопределенности, то вместо цифр 200 000 и 180 000 появились цифры 116 400 – 77 400 для Б-предприятия и 73 600 и 12 400 для малого предприятия. А дальше решение идет также как по рис.7.1.

Задача о назначениях (Венгерский метод)

Задача 8

В общем виде задача о назначениях формулируется следующим образом.

Имеется n работ и n кандидатов для их выполнения. Затраты i-го кандидата на выполнение j-работы равны $C_{ij}\,(i, j = \overline{1,n})$. Каждый кандидат может быть назначен только на одну работу, и каждая работа может быть выполнена только одним кандидатом. Требуется найти назначение кандидатов на работы, при котором суммарные затраты на выполнение работ минимальны.

Запишем формально данную задачу. Пусть x_{ij} - переменная, значение которой равно 1, если i- ый кандидат выполняет j-ю работу, и 0 – в противном случае. Тогда условие о том, что каждый кандидат выполняет только одну работу, запишется в виде:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, i = \overline{1,n}\,.$$

Условие о том, что каждая работа может выполняться одним кандидатом, запишется в виде

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, i = \overline{1,n}\,.$$

Целевая функция задачи имеет вид

$$C = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}\ .$$

В функцию входят только те значения $c_{ij}\,(i = \overline{1.n}; j = \overline{1,n})$, для которых x_{ij} отличны от 0, т.е. входят затраты, соответствующие назначенным работам.

Математическая модель выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} C = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \to \min\,. & (1) \\ \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, i = \overline{1,n}; & (2) \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, j = \overline{1,n}; & (3) \end{cases}$$

$x_{ij} \in \{0,1\}, i = \overline{1,n}; j = \overline{1,n}.$ (4)

Решить задачу о назначениях – значит найти x_{ij}, удовлетворяющие условиям (2-4) и доставляющие минимум функции (1). Задача (1-4) является, очевидно, задачей линейного программирования (целевая функция линейна, ограничения линейны) и может быть решена симплекс-методом. Также задача (1-4) – транспортная задача, в которой правые части ограничений равны 1, а переменные могут принимать только два значения. Однако, относительно простая форма задачи позволила разработать для ее решения достаточно простые методы, один из который – венгерский.

Венгерский метод решения задачи о назначениях

Для решения задачи о назначениях составляют таблицу (табл.8.1).

Таблица 8.1

№	1	2	…	j	…	n
1	c_{11}	c_{12}	…	c_{1j}	…	c_{1n}
2	c_{21}	c_{22}	…	c_{2j}	…	c_{2n}
…	…	…	…	…	…	…
i	c_{i1}	c_{i2}	…	c_{ij}	…	c_{in}
…	…	…	…	…	…	…
n	c_{n1}	c_{n2}	…	c_{nj}	…	c_{nn}

В левой колонке записаны номера кандидатов, в верхней строке – номера работ. В i-ой строке j-ом столбце стоят затраты на выполнение i-м кандидатом j-й работы.

В венгерском методе используется следующий принцип: оптимальность решения задачи о назначениях не нарушается при уменьшении (увеличении) элементов строки (столбца) на одну и ту же величину. Решение считается оптимальным, если все измененные таким образом затраты $c_{ij} \geq 0, (i = \overline{1,n}, j = \overline{1,n})$ и можно отыскать такой набор x_{ij}, что

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} = 0$$

Алгоритм метода содержит следующие шаги.

Шаг 1. Получение нулей в каждой строке. Для этого в каждой строке определяют наименьший элемент, и его значение отнимают от всех элементов этой строки. Переход к шагу 2.

Шаг 2. Получение нулей в каждом столбце. В преобразованной таблице в каждом столбце определяют минимальный элемент, и его значение вычитают из всех элементов этого столбца. Переход к шагу 3.

Шаг 3. Поиск оптимального решения. Просматривают строку, содержащую наименьшее число нулей. Отмечают один из нулей этой строки и зачеркивают все остальные нули этой строки и того столбца, в котором находится отмеченный нуль. Аналогичные операции последовательно проводят для всех строк. Если назначение, которое получено при всех отмеченных нулях, является полным (т.е. число отмеченных нулей равно n), то решение является оптимальным, в противном случае следует переходить к шагу 4.

Шаг 4. Поиск оптимального набора строк и столбцов, содержащих все нули.

Для этого необходимо отметить:

1) все строки, в которых не имеется ни одного отмеченного нуля;

2) все столбцы, содержащие перечеркнутый нуль хотя бы одной из отмеченных строк;

3) все строки, содержащие отмеченные нули хотя бы в одном из отмеченных столбцов.

Действия (2) и (3) повторяются поочередно до тех пор, пока есть что отмечать. После этого необходимо зачеркнуть каждую непомеченную строку и каждый помеченных столбец.

Цель этого шага – провести минимальное число горизонтальных и вертикальных прямых, пересекающих по крайнем мере один раз все нули.

Шаг 5. Перестановка некоторых нулей.

Взять наименьшее число из тех клеток, через которые проведены прямые. Вычесть его из каждого числа, стоящего в невычеркнутых столбцах и прибавить к каждому числу, стоящему в вычеркнутых строках. Эта операция не изменяет оптимального решения, после чего весь цикл расчета повторить, начиная с шага 3.

Пример

Институт получил гранты на выполнение четырех исследовательских проектов. Выходные результаты первого проекта являются входными данных для второго проекта, выходные результаты второго проекта – это входные данные для третьего проекта, результаты третьего проекта используются для работы над четвертым проектом. В качестве научных руководителей проектов рассматриваются кандидатуры четырех ученых, обладающих различным опытом и способностями. Каждый ученый оценил время, необходимое ему для реализации проекта.

Матрица времен приведена ниже.

$$T = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 5 & 8 \\ 2 & 4 & 4 & 5 \\ 4 & 7 & 2 & 8 \\ 9 & 7 & 3 & 8 \end{bmatrix}.$$

В i- ой строке j-м столбце матрицы T стоит время на выполнение i-м ученым j-го проекта.

Продолжительность времени задана в месяцах. Требуется выбрать научного руководителя для выполнения каждого проекта так, чтобы суммарное время выполнения всех проектов было минимальным.

РЕШЕНИЕ.

Данная задача, очевидно, является задачей о назначениях. В качестве работ рассматриваются исследовательские проекты, в качестве кандидатов – ученые, претендующие на роль научных руководителей.

Введем переменные x_{ij}.

$$x_{ij} = \{\frac{1, если\_i-й\_ученый-научный\_руководитель\_j-го\_проекта}{0, в\_противном\_случае}$$

Целевая функция задачи имеет вид:

$$C = 3x_{11} + 7x_{12} + 5x_{13} + 8x_{14} + 2x_{21} + 4x_{22} + 4x_{23} + 5x_{24} + 4x_{31} + 7x_{32} + 2x_{33} + 8x_{34} + 9x_{41} + \\ + 7x_{42} + 3x_{43} + 8x_{44} \to \min$$

Решим задачу венгерским методом, используя приведенную ниже таблицу. В i-й строке j-м столбце этой таблицы стоит время t_{ij} *на выполнение j-го проекта i-м ученым,* $i = \overline{1,n}$; $j = \overline{1,n}$*; Выберем в каждой строке минимальный элемент и запишем его в правом столбце табл.8.2*

Таблица 8.2

№	*1*	*2*	*3*	*4*	
1	*3*	*7*	*5*	*8*	*3*
2	*2*	*4*	*4*	*5*	*2*
3	*4*	*7*	*2*	*8*	*2*
4	*9*	*7*	*3*	*8*	*3*

Вычтем минимальные элементы из соответствующих строк, перейдем к новой таблице, в которой найдем минимальные значения в каждом столбце и запишем их в нижней строке табл.8.3.

Таблица 8.3

№	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0*	*4*	*2*	*5*
2	*0*	*2*	*2*	*3*
3	*2*	*5*	*0*	*6*
4	*6*	*4*	*0*	*5*
	0	*2*	*0*	*3*

Отнимем минимальные элементы из соответствующих столбцов. Перейдем к табл. 8.4

Таблица 8.4

№	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0* •	*2*	*2*	*2*
2	~~*0*~~	*2*•	*2*	~~*0*~~
3	*2*	*3*	*0*•	*3*

4	*6*	*2*	*~~0~~*	*2*

В табл. 8.4 сделаем назначения. Строками, содержащими наименьшее число нулей (один нуль), являются первая, третья и четвертая строки. Отметим точкой 0 первой строки. Вычеркнем 0 из первого столбца. Это вычеркивание означает, что так как первый ученый назначен научным руководителем первого проекта, второй ученый уже не может быть назначен. Отмечаем 0 в третьей строке и вычеркиваем 0, стоящий в четвертой строке в третьем столбце, что соответствует тому, что четвертый ученый уже не может быть назначен научным руководителей третьего (?) проекта.

Отмечаем любой из нулей второй строки (действуя по порядку, отмечаем нуль, стоящий во втором столбце) и вычеркиваем нуль, стоящий в четвертом столбце. Это вычеркивание означает, что так как второй ученый назначен научным руководителем второго проекта, то он не может быть выбран для выполнения четвертого проекта.

Число отмеченных нулей равно 3, т.е. назначение не является полным. Перейдем к шагу 4 алгоритма.

Найдем минимальный набор строк и столбцов, содержащий все нули (табл.8.5)

Таблица 8.5

№	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0* •	*2*	*2*	*2*
2	*~~0~~*	*2*•	*2*	*~~0~~*
3	*2*	*3*	*0*•	*3*
4	*6*	*2*	*~~0~~*	*2*

Отметим точкой четвертую строку, не содержащую ни одного отмеченного нуля. Отметим третий столбец, содержащий перечеркнутый нуль в третьем столбце. Кроме третьего столбца, больше нет столбцов, содержащих перечеркнутые нули в отмеченных строках. Вычеркнем отмеченный столбец и неотмеченные строки. В оставшихся *клетках минимальный элемент равен 2. Вычтем его из каждого числа не вычеркнутых (1,2,4) столбцов. Получим табл. 8.6*

Таблица 8.6

№	1	2	3	4
1	-2	0	2	0
2	-2	-2	2	-2
3	0	1	0	1
4	4	0	0	0

Теперь прибавим 2 к каждому числу вычеркнутых строк в преобразованной таблице. Получим табл.8.7

Таблица 8.7

№	1	2	3	4
1	0 •	2	4	2
2	~~0~~	0•	4	~~0~~
3	~~0~~	1	0•	1
4	4	~~0~~	~~0~~	0•

Вновь сделаем назначение, отметив по порядку нули в табл. 8.7

Это назначение является полным, т.к. число отмеченных нулей равно 4. Получено следующее назначение:

первый ученый назначается научным руководителем первого проекта: $x_{11}=1$.

второй ученый – научный руководитель второго проекта: $x_{22}=1$.

третий ученый – научный руководитель третьего проекта: $x_{33}=1$.

четвертый ученый – научный руководитель четвертого проекта: $x_{44}=1$.

Данное назначение не единственное. Если во второй строке сначала отметить не второй, а четвертый нуль, получим следующее назначение. (табл.8.8)

Таблица 8.8

№	1	2	3	4
1	0 •	2	4	2
2	~~0~~	0•	4	~~0~~
3	~~0~~	1	0•	1

4	*4*	~~*0*~~	~~*0*~~	*0•*

первый ученый назначается научным руководителем первого проекта: $x_{11}=1$.

второй ученый – научный руководитель четвертого проекта: $x_{24}=1$.

третий ученый – научный руководитель третьего проекта: $x_{33}=1$.

четвертый ученый – научный руководитель вторым проектом: $x_{42}=1$.

Таким образом, получены два оптимальных назначения, которым соответствует минимальное время выполнения.

Заметим, что результат, полученные по венгерскому методу, не измениться, если в алгоритме заменить строки на столбцы и наоборот.

Экономическая оценка инвестиционного проекта

Задача 9

Коммерческая организация рассматривает целесообразность приобретения новой технологической линии. Стоимость линии составляет 10 млн.дол., срок эксплуатации – 5 лет, износ оборудования начисляется по методу прямолинейной амортизации, т.е. 20 % годовых; ликвидационная стоимость оборудования будет достаточна для покрытия расходов, связанных с демонтажом линии. Выручка от реализации продукции прогнозируется по годам в следующих объемах (тыс.дол.) 6 800; 7 400, 8 200, 8 000, 6 000. Текущие расходы по годам оцениваются следующим образования: 3 400 т.д. в первый год эксплуатации с последующим ростом ежегодно в 3 %. Ставка налога на прибыль составляет 30 %. Сложившееся финансово-хозяйственное положение коммерческой организации таково, что коэффициент рентабельности авансированного капитала составляет 21-22 %; цена авансированного капитала (WACC) – 19 %. В соответствии со сложившейся практикой принятия решения в области инвестиционной политики руководство организации не считает целесообразным участвовать в проектах со сроком окупаемости более 4х лет.

Целесообразен ли данный проект к реализации?

Оценка ведется в три этапа: 1) расчет исходных показателей по годам. 2) расчет аналитических коэффициентов; 3) анализ коэффициентов.

Этап 1. РАСЧЕТ ИСХОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ГОДАМ

Таблица 9.1

<table>
<tr><th rowspan="2">№</th><th rowspan="2">Показатели</th><th colspan="5">Годы</th><th rowspan="8">Примечание:
Задано
Задано
Принято
Минус 2000 и минус тек.расходы
Строка 4 минус строка 5
Плюс 2000 к строке 6</th></tr>
<tr><th>1й</th><th>2й</th><th>3й</th><th>4й</th><th>5й</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Объем реализации (т.дол.)</td><td>6800</td><td>7400</td><td>8200</td><td>8000</td><td>6000</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Текущие расходы (т.дол)</td><td>3400</td><td>3502</td><td>3607</td><td>3715</td><td>3827</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Износ (т.дол)</td><td>2000</td><td>2000</td><td>2000</td><td>2000</td><td>2000</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Налогооблагаемая прибыль (т.дол)</td><td>1400</td><td>1898</td><td>2593</td><td>2285</td><td>173</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Налог на прибыль (т.дол)</td><td>420</td><td>569</td><td>778</td><td>686</td><td>52</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Чистая прибыль</td><td>980</td><td>1329</td><td>1815</td><td>1599</td><td>121</td></tr>
</table>

	(т.дол)						
7	Чистые денежные поступления (т.дол)	2980	3329	3815	3599	2121	

Этап 2.

РАСЧЕТ АНАЛИТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

А) расчет чистого приведенного эффекта (NPV)

$NPV = \sum_{1}^{k} \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC$, где $NPV = ЧДД$ - чистый дисконтированный доход.

P_k - чистые денежные поступления, k – количество лет.

$r = WACC = 19^o$ - коэффициент дисконтирования. В нашем случае равный $WACC$ - средневзвешенной цене капитала.

$WACC = \sum_{1}^{n} r_j d_j$, r_j - цена j-го источника средств, d_j - удельный вес j-го источника средств.

I_C - исходные инвестиции, равные 10 000 тыс. дол. (10 млн. дол.)

$NPV = 2980 * 0,8403 + 3329 * 07062 + 3815 * 0.5934 + 3599 * 0.4987 + 2121 * 0,4191 - 10000$

$= -198 \textit{тыс.дол.} \approx 9800 - 10000$

Коэф. 0,8403=1/(1+0,19); 0,7062=1/(1+0,19)^2 и т.д. 0,5934=1/(1+0,19)^3 …

Б) Расчет индекса рентабельности инвестиций (*PI*)

PI – индекс доходности.

$PI = \sum_{1}^{k} \frac{P_k}{(1+r)^k} \quad IC \approx \frac{9800}{10000} = 0,98 < 1.$

Этап 2. **РАСЧЕТ АНАЛИТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

А) расчет чистого приведенного эффекта (NPV)

$NPV = \sum_{1}^{k} \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC$, где $NPV = ЧДД$ - чистый дисконтированный доход.

P_k - чистые денежные поступления, k – количество лет.

$r = WACC = 19^o$ - коэффициент дисконтирования. В нашем случае равный $WACC$ - средневзвешенной цене капитала.

$WACC = \sum_{1}^{n} r_j d_j$, r_j - цена j-го источника средств, d_j - удельный вес j-го источника средств.

I_C - исходные инвестиции, равные 10 000 тыс. дол. (10 млн. дол.)

$NPV = 2980 \cdot 0{,}8403 + 3329 \cdot 07062 + 3815 \cdot 0.5934 + 3599 \cdot 0.4987 + 2121 \cdot 0{,}4191 - 10000$
$= -198 тыс.дол. \approx 9800 - 10000$

Коэф. 0,8403=1/(1+0,19); 0,7062=1/(1+0,19)^2 и т.д. 0,5934=1/(1+0,19)^3 …

Б) Расчет индекса рентабельности инвестиций (*PI*)

PI – индекс доходности.

$$PI = \sum_1^k \frac{P_k}{(1+r)^k} \quad IC \approx \frac{9800}{10000} = 0{,}98 < 1.$$

В) Расчет внутренней нормы прибыли данного проекта

$IRR = r$ при котором $NPV = f(r) = 0$.

Первый способ (решать в MS Excel: подбор решения либо поиск решения):

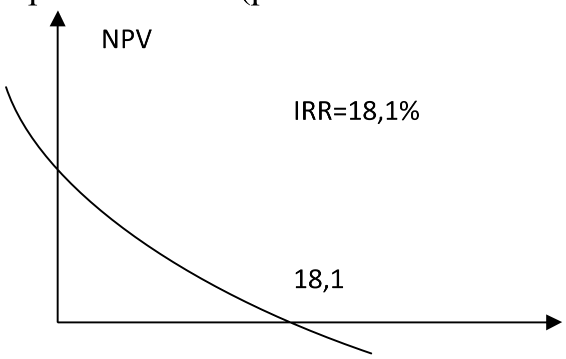


Рисунок 9.1

Второй способ:

через табулированные функции *f(r).*

IRR>r, IRR=ВНД – внутренняя норма доходности.

Г) Расчет срока окупаемости проекта (PP)

PP – min k, при котором $\sum_1^k P_k \geq IC.$

Срок окупаемости 3 года, поскольку суммарная (кумулятивная) величина чистых денежных поступлений за этот период (10 124 тыс.дол.) и превышает объем капитальных вложений.

3 года< 4 лет.

Д) Расчет коэффициента эффективности инвестиций (ARR)

$ARR = \frac{PN}{1/2(IC + RV)}$, где PN - среднегодовая прибыль, PV - остаточная ликвидационная стоимость.

В нашем случае $RV = 0$, т.к. компенсируется издержками остаточного оборудования.

$$ARR = \frac{1168{,}8}{1/2 * 10000} = 23{,}3\% > 22\%$$

Этап 3 АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Приведение расчеты показывают, что в зависимости от того, какой критерий эффективности выбран за основу в данной коммерческой организации, могу быть сделаны диаметрально противоположные выводы. Действительно, согласно критериям *NPV, PI и IRR* проект нужно отвергнуть; согласно двум другим критериям (срок окупаемости и коэффициент эффективности ARR) – принять. В данном случае можно ориентироваться на какой-то один или несколько критериев, наиболее важных по мнению руководства коммерческой организации, либо принять во внимание дополнительные объективные и субъективные факторы (в этом примере проявляется противоречивость критериев оценки).

P.S. 1) В этом задаче мы не учитывали инфляцию и риски, влияющее на объемы реализации и по-хорошему их надо было сложить с *r*.

$r_{\sum} = r_{WACC} + r_{риск} + r_{инфл}$ что еще бы ухудшило показатель *NPV, IC*

2) Эта задача основана на многолетнем проекте, где выручка считается по годам, не так как в «семи правилах». Здесь не учитывается характеристика рынка, по умолчанию считается, что он стабилен.

3) Ведется анализ одного проекта, а не портфеля проектов как в «семи правилах».

P.S. Здесь, наверное, правильно рассуждать так: если 10 млн. покупаются в банке по 19 % годовых, то проект надо отклонить, т.к. IRR<19%. Если проект осуществляется за счет собственных инвестиций r=0, то проект надо принять и учесть только $r_{риск}+r_{инфл}$.

Прогнозирование рыночного успеха инновационного товара

Задача 10

Одним из наиболее перспективных направлений развития экономики современной России – это инновационное, которое позволит снизить зависимость экспорта от сырьевой составляющей. Однако производство и особенно коммерциализация инновационных продуктов сопряжена с целым рядом рисков, таких как:

- низкая конкурентоспособность разработанного товара;
- высокое соотношение цены товара к его качеству;
- низкая емкость рынка для новой продукции;
- низкая наукоёмкость товара, что не обеспечивает его многофункциональность, снижает ассортимент продукции, возможность перенастройки продукции под частные требования покупателей, регулирования выходных характеристик, дистанционное ими управление;
- превышение относительно запланированных времени выхода на рынок, издержек на разработку и изготовление;
- заниженный спрос на новую продукцию относительно ожидаемого, обусловленного не только и не столько параметрами товара, сколько рыночным положением инновационной фирмы, ее коммерческой активностью;

Следовательно, весьма актуальной задачей является оценка вероятности коммерческого успеха инновационного товара уже на ранних этапах его проектирования с последующей коррекцией оценки на всех этапах жизненного цикла товара.

Очевидно, что рыночный успех товара определяется совокупностью таких характеристик, как конкурентоспособность товара по техническим и эксплуатационным параметрам, так и рыночным позициям фирмы и ее стратегией по коммерциализации инноваций.

Таким образом, чтобы осуществить прогнозирование вероятности рыночного успеха (коммерческий потенциал) инновационного товара необходимо разработать математические модели конкурентоспособности товара по техническим и эксплуатационным параметрам (инновационный потенциал), а также модель, отражающую его рыночные характеристики (рыночный потенциал), как самого товара, так и инновационной фирмы в целом.

Рассмотрим вначале математическую модель конкурентоспособности товара, при этом примем во внимание следующие моменты:

– число сравниваемых научно-технических товаров должно быть не менее 3-х [1];

– для возможности сравнения характеристик товара, имеющих разную размерность, их необходимо нормировать;

– учитывая, что характеристики товара имеют различную степень важности для потребителя, их необходимо ранжировать по степени приоритетности согласно экспертным оценкам или лица, принимающего решение (ЛПР) [2];

Нормирование параметров товара производится через отношение однотипных численных характеристик параметров всех конкурирующих товаров к численной характеристике параметра-лидера (наилучшего), принимаемого за единицу, параметры других конкурирующих товаров будут составлять доля единицы [1].

Приоритет параметров товара (их важность) определяется экспертами или ЛПР числами в диапазоне от 0 до 10 или до 100, затем определяется числовая сумма приоритетов по всей совокупности характеристик. Индивидуальный относительный приоритет по какому-либо параметру определяется отношением собственного числового приоритета параметра к числовой сумме всех приоритетов:

$a_i = \frac{r_{npi}}{\sum_{i=1}^{n} r_{npi}}$, где:

a_i - относительный приоритет какого-либо i-го параметра;

r_{npi} - численный приоритет какого-либо i-го параметра.

Легко видеть, что сумма всех относительных приоритетов (далее просто приоритетов) равна единице.

Обозначим за μ_i нормированное значение одноименных параметров относительно лучшего параметра какого-либо из сравниваемых вариантов. Расчет нормированных значений μ более подробно будет представлен ниже при рассмотрении примера.

Оценку конкурентоспособности каждого из вариантов начнем с вычисления максимума взвешенной суммы. Лидирующим будет то изделие, которое наберет наибольшее значение суммы произведений коэффициента приоритета a_i на нормированное значение характеристики μ_i.

$$M_j = \sum_{i=1}^{n} \mu_i \cdot a_i \Rightarrow max, \quad (1)$$

n – количество сравниваемых параметров.

Величины (1), вычисленные для сравниваемых вариантов, находящихся на рынке, отражают их ***инновационный потенциал*** M_j.

Выражение (1) можно трактовать и как математическое ожидание случайных величин μ_i и соответствующих вероятностей их появления a_i, тем более, что $\sum_{i=1}^{n} a_i = 1$. Продолжим анализ выражения (1) с позиции теории вероятности, считая M_j математическими ожиданиями.

Найдем среднеквадратичное отклонение от математического ожидания для всех j-вариантов.

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\mu_{ij} - M_j)^2 \cdot a_{ij}}.$$

Рассчитаем коэффициент колеблемости нормированных характеристик относительно математического ожидания по формуле:

$$\gamma_j = \frac{\sigma_j}{M_j} \quad (2)$$

Определим среднее значение $M_{ср}$ для всех изделий конкурентов:

$$M_{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{l} M_j}{l}, \text{ где}$$

l – количество конкурирующих изделий.

Найдем отклонение частных математических ожиданий M_j от среднего

$$\Delta M_{j.ср} = M_j - M_{ср} \quad (3)$$

Примем за идеальное изделие такое, у которого все нормированные характеристики равны единице, тогда математическое ожидание для него $M_{ид}$ также равно единице. Определим уровень отклонения характеристик изделия от идеального, как:

$$\Delta M_{j.\text{ид}} = 1 - M_j \qquad (4)$$

Рассчитаем частный индекс превосходства инновационного товара ($M_{\text{ит.ип}}$) над ближайшим конкурентом ($M_{\text{конк.ип}}$) по математическому ожиданию (по инновационному потенциалу):

$$J_{M_{\text{ит.ип}}} = \frac{M_{\text{ит.ип}} - M_{\text{конк.ип}}}{M_{\text{ит.ип}}} \qquad (5)$$

Используя формулы (2)-(4), по аналогии рассчитываем другие частные индексы превосходства инновационного товара над ближайшим конкурентом.

Общий индекс превосходства инновационного товара:

$$J_{\text{ин.общ}} = J_{M_{\text{ит.ип}}} + J_{\gamma_{\text{ит}}} + J_{\Delta M_{\text{ит.ср}}} + J_{\Delta M_{\text{ит.ид}}}. \qquad (6)$$

В выражении (6) при необходимости могут быть учтены дополнительные весовые коэффициенты, если какой либо индекс значительно превышает остальные.

Минимально допустимая величина общего индекса превосходства определяется отраслевой принадлежностью товара, положением его на кривой жизненного цикла, интенсивностью конкурентной борьбы, рыночным потенциалом фирмы и т.д. очевидно, невозможно однозначно определить его (индекса) величину на все виды товара. Здесь приходится опираться на интуицию и здравый смысл ЛПР и данные эксперимента. Нам представляется, что для радиоэлектронного приборостроения общий индекс превосходства не должен быть меньше 100% или вдвое превышать индекс ближайшего конкурентного товара, что может свидетельствовать о достаточной степени устойчивости технического преимущества исследуемого изделия.

Задача 11

Перейдем теперь к оценке ***рыночного потенциала*** инновационного товара.

Рыночный потенциал товара отражает степень его востребованности на рынке, обусловленной сбытовой стратегией фирмы, ее конкурентной позицией, ее маркетинговыми усилиями, популярностью ее бренда и т.д.

Рыночный потенциал – это взвешенная совокупность рыночных характеристик конкурирующих изделий.

К рыночному потенциалу товара можно отнести следующие его параметры, выраженные через соответствующие коэффициенты (табл. 11.1.), устанавливаемые экспертным путем, либо по оценке ЛПР.

Таблица 11.1. Рыночные характеристики инновационного товара

Коэффициенты имиджа фирмы-производителя конкурирующего товара		$К_{иф}$
Уровень фирмы	Фирма мирового уровня	8÷10
	Фирма межстранового уровня	6÷8
	Фирма странового уровня	4÷6
	Фирма межрегионального уровня	2÷4
	Фирма регионального уровня	1÷2
Суммарный коэффициент затрат на рекламу		$К_{зр}$
Виды рекламы	Реклама на центральном ТВ канале	8÷10
	Реклама на местном ТВ канале	7÷8
	Реклама в центральной печати	6÷7
	Реклама в местной печати	5÷6
	Рассылка буклетов	4÷5
	Разовые акции в СМИ	2
	Итого, $К_{зр.сум}$	2÷42
Суммарный коэффициент каналов сбыта продукции		$К_{сп}$
Каналы сбыта продукции	Наличие госзаказа, зарубежных заказов	8÷10
	Наличие агентской или дилерской сети	6÷8
	Наличие оптовых покупателей или своего торгового дома	4÷6
	Наличие отдела сбыта, джобберских, посреднических фирм	1÷4
	Итого, $К_{сп.сум}$	1÷28
Суммарный коэффициент ассортимента		$К_{ас}$
Виды ассортимента	Возможность изменять параметры изделия под заказ	8÷10
	Наличие экспортного варианта	6÷8
	Многофункциональность продукции	4÷6
	Количество модификаций продукции, 2 шт.	2
	3 шт.и более	2÷4
	Итого, $К_{ас.сум}$	2÷30
Коэффициент жизненного цикла товара		$К_{жц}$
Этап жизненного цикла	Виолент	8÷10
	Патиент	6÷8
	Эксплерент	4÷6
	Коммутант	1÷4

Коэффициент конкуренции на рынке на который представлен товар		$К_{кр}$
Характе-ристика рынка	Монополистический рынок	7÷10
	Олигополистический рынок	5÷7
	Рынок монополистической конкуренции	3÷5
	Рынок совершенной конкуренции	1÷3
Суммарный маркетинговый коэффициент		$К_М$
Маркетинго-вые параметры	Наличие собственной рыночной ниши	1÷5
	Наличие стабильных поставщиков	1÷5
	Отсутствие товаров-субститутов	1÷4
	Низкие рыночные барьера	1÷3
	Итого, $К_{М.сум}$	4÷14
Суммарный коэффициент торговой политики		$К_{тп}$
Элементы торговой политики	Наличие льгот на покупки	0÷3
	Наличие скидок (бонусы)	0÷3
	Продажа в кредит	0÷5
	Наличие сервисной службы	0÷3
	Доставка товара	0÷2
	Итого, $К_{тп.сум}$	0÷16

Используя введенные коэффициенты, мы можем экспертным путем ввести индивидуальные относительные приоритеты ξ_i для рыночных коэффициентов и η_i - нормированные значения рыночных параметров. Теперь можно провести сравнительный анализ и определить рыночный потенциал вариантов товара по аналогии с методом определения инновационного потенциала.

$$П_{P_j} = \sum_{i=1}^{n} \eta_{ij} \cdot \xi_{ij} \qquad (7)$$

Введем понятие коммерческого потенциала. ***Коммерческий потенциал*** – это способность товара (изделия) завоевать определенную долю рыночного объема. Поскольку объем освоения рынка определяется совместным воздействием инновационного и рыночного потенциалов изделия, коммерческий потенциал можно представить произведением инновационного и рыночного потенциалов.

$$К_{n_j} = M_j \cdot П_{P_j} \qquad (8)$$

Используя полученное выражение (8) для $К_{n_j}$, рыночную долю R_j (рыночный успех), на которую может претендовать каждое из n конкурирующих изделий можно рассчитать по следующей формуле:

$$R_j = \frac{К_{n_j}}{\sum_{j=1}^{l} К_{n_j}}, \qquad (9)$$

Рассмотрим сказанное на конкретном примере.

Пусть требуется оценить конкурентоспособность электронного силового прибора-инвертора, преобразующего напряжение постоянного тока 24 В. в переменное напряжение промышленной частоты 220В, 50 Гц. Инновационный инвертор обозначим Вариант *A*, а конкурирующие через Вариант *B* и Вариант *C*.

Все изделия представлены только на общем для них рынке.

Параметры инверторов и их характеристики представлены в табл. 11.2

Проведем оценку инновационного потенциала изделий, как взвешенная совокупность их технических параметров (к задаче 10).

Таблица 11.2. *Технические параметры конкурирующих изделий*

Наименование параметра	$\square_i$			a_i
	Вар. *A*	Вар. *B*	Вар. *C*	Приоритет
1. Мощность (кВТ)	2 (1,00)	1,5 (0,75)	1 (0,50)	10 (0,16)
2. Удельная цена ($US/Вт)	0,7 (1,00)	0,8 (0,88)	1,0 (0,70)	9 (0,15)
3. КПД (%)	90 (0,95)	85 (0,90)	95 (1,00)	8 (0,13)
4. Удельная масса (кг/кВт)	7 (1,00)	8 (0,88)	10 (0,70)	7 (0,11)
5. Погрешность напряжения (%)	10 (0,50)	5 (1,00)	7 (0,71)	6 (0,10)
6. Клир-фактор (%)	6 (0,50)	6 (0,50)	3 (1,00)	6 (0,10)
7. Гарантии (год)	2 (1,00)	1 (0,5)	1 (0,5)	6 (0,10)
8. Товарный вид	Очень хор. (0,90)	Удовлетв. (0,5)	Хороший (0,75)	4 (0,07)
9. Ремонтопригодность	Высокая (0,75)	Удовлетв. (0,5)	Низкая (0,35)	5 (0,08)

Таблица 11.3.*Нормировка параметров изделий*

Числовое значение параметра	Вербальные оценки параметров	
0,00 –0,20	Очень плохие	Очень низкие
0,20 – 0,37	Плохие	Низкие
0,37 – 0,63	Удовлетворительные	Удовлетворительные
0,63 – 0,80	Хорошие	Высокие
0,80 – 1,00	Очень хорошие	Очень высокие

В каждом из вариантов представлены численные или словесные характиристики параметров, а в скобках – их нормированные значение μ_i. Например, в варианте *А* мощность равна двум кВт и, поскольку это лучшее значение из всех вариантов, ему присваивается наивысшая норма – единица. Для варианта *В* мощность в 1,5 кВт нормируется отношением деления меньшего числа на большее: μ_i*=1,5/2,0=0,75* и т.д. Если наилучшим значением является наименьшее число (строка 5), то оно нормируется единицей, а для других вариантов нормированное значение вычисляется путем деления этого меньшего численного значения на большее.

В табл.18 представлено соотношение словесных оценок параметров с их численными характеристиками, которые использованы в табл. 11.2(строки 8 и 9).

В последней колонке табл.11.3 представлены значения выбранных экспертами приоритетов параметров r_{npi}, а в скобках – относительные значения приоритетов – коэффициентов приоритета a_i.

Оценку конкурентоспособности каждого из вариантов начнем с вычисления максимума взвешенной суммы по формуле (1). Получим для трех вариантов: $M_А$*=0,863;* M_B*=0,741;* M_C*=0,586.* Эти величины отражают ***инновационный потенциал*** товаров, находящихся на рынке.

Найдем среднеквадратичное отклонение от математического ожидания для всех *j*-вариантов (в нашем случае *j=3: A, B, C*). $\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\mu_{ij} - M_j)^2 \cdot a_{ij}}$, где

$n = 9$; $j = \overline{1,3}$; получим: $\sigma_А$ =0,136; σ_B =0,198; σ_C =0,228.

Рассчитаем коэффициент колеблемости нормированных характеристик относительно математического ожидания по формуле (2). Получим для трех вариантов изделий *A, B* и *C*: γ_A =0,16; γ_B =0,27; γ_C =0,39.

Из полученных результатов следует, что изделие *A* обладает наименьшим разбросом характеристик, т.е., что основной выигрыш изделия происходит за счет главных параметров, обладающих наибольшим приоритетом.

Используя (1), определим среднее значение $M_{\text{ср}}$ для всех изделий конкурентов: $M_{\text{ср}}$ =0,73.

По (3) найдем отклонение частных математических ожиданий M_j от среднего: $\Delta M_{A.\text{ср}}$ =0,133; $\Delta M_{B.\text{ср}}$ =0,011; $\Delta M_{C.\text{ср}} = -0{,}144$.

Делаем вывод: изделие *A* по техническим характеристикам в большей степени превышает средний уровень характеристик изделий, представленных на рынке.

Определим уровень отклонения характеристик изделия от идеального, согласно (3): $\Delta M_{A.\text{ид}}$ =0,137; $\Delta M_{B.\text{ид}}$ =0,259; $\Delta M_{C.\text{ид}} = 0{,}414$.

Делаем вывод, что изделие *A* в большей степени, чем его конкуренты приближается к идеальному.

Рассчитаем частные и общий индекс превосходства варианта изделия *A* над его ближайшим конкурентом - вариантом *B*, используя выражения (2), (3), (4):

Индекс по математическому ожиданию (по инновационному потенциалу):

$J_{M_a} = \frac{M_A - M_B}{M_A}$ =0,16.

Индекс по колеблемости: $J_{\gamma_A} = \frac{\gamma_B - \gamma_A}{\gamma_B}$ =0,41.

Индекс по отклонению от среднего: $J_{\Delta A.\text{ср}} = \frac{\Delta M_{A.\text{ср}} - \Delta M_{B.\text{ср}}}{\Delta M_{A.\text{ср}}}$ =0.92.

Индекс по отклонению от идеала: $J_{\Delta A.\text{ид}} = \frac{\Delta M_{B.\text{ид}} - \Delta M_{A.\text{ид}}}{\Delta M_{B.\text{ид}}}$ =0,47.

Общий индекс превосходства: для варианта *A* - $J_{A.общ}$=2,0, то есть изделие *A* на 200% или втрое превышает ближайшее конкурентное изделие *B* по общему индексу превосходства.

Рассчитаем ***рыночный потенциал*** инновационного товара.

Самостоятельным интегральным рыночным параметром продукта является отношение цены к качеству. При этом под понятием качество может пониматься либо один, либо совокупность технических параметров изделия. В нашем примере- это мощность инвертора. Поскольку параметр $К_{ц.к.}$ = цена/качество является рыночно-техническим, мы считаем целесообразным его учесть дважды и в инновационном потенциале (строка 2 табл.2) и в рыночном.

Используя рассмотренные коэффициенты (табл. 11.1), мы можем составить сравнительную таблицу (табл. 11.4) для всех конкурирующих товаров по 9-ти рыночным параметрам η_i, задать их приоритеты ξ_i, провести сравнительный анализ, определить рыночный потенциал вариантов.

Таблица 11.4. *Рыночные параметры конкурирующих изделий (к задаче 11)*

№	**Наименование параметра**	η_i			ξ_i
		Вар. *A*	Вар. *B*	Вар. *C*	Приоритет
1.	Отношение цены/качества	2(1,0)	1,5(0,75)	1(1,00)	10(0,19)
2.	Коэф. $К_{иф}$	4(0,5)	8(1,00)	6(0,75)	8(0,15)
3.	Суммарный $К_{зр}$	20(1,0)	5(0,25)	10(0,50)	6(0,11)
4.	Суммарный $К_{сп}$	15(0,6)	20(0,80)	25(1,00)	7(0,13)
5.	Суммарный $К_{ас}$	20(1,0)	15(0,75)	10(0,50)	5(0,09)
6.	Коэф. $К_{жц}$	6(0,6)	10(1,00)	4(0,40)	5(0,09)
7.	Коэф. $К_{кр}$	5(1,0)	5(1,00)	5(1,00)	4(0,07)
8.	Суммарный $К_{М}$	12(1,0)	8(0,67)	6(0,50)	4(0,07)
9.	Суммарный $К_{ТП}$	15(1,0)	12(0,80)	10(0,67)	5(0,09)

Рассчитываем ***рыночный потенциал*** $П_Р$ по формуле (7) для каждого варианта конкурирующих изделий, получим: $П_{Р_А} = 0{,}827;$ $П_{Р_В} = 0{,}707;$ $П_{Р_С} = 0{,}246;$

Используя (8) и (9) определим рыночные доли для сравниваемых товаров:

$$R_A = \frac{M_A \cdot \text{П}_{P_A}}{M_A \cdot \text{П}_{P_A} + M_B \cdot \text{П}_{P_B} + M_C \cdot \text{П}_{P_C}} = \frac{0{,}863 + 0{,}827}{0{,}863 \cdot 0{,}827 + 0{,}741 \cdot 0{,}707 + 0{,}586 \cdot 0{,}246} \approx 0{,}52,$$

$$R_B = 0{,}38;\ R_C = 0{,}1;\ \sum_{j=1}^{l} R_j = 1{,}0.$$

Конечно, нельзя считать, что как только изделие *А* выйдет на общий для всех изделий рынок, оно сразу займет 52%-ю долю рынка; необходимо время для освоения этой доли.

В целом, объем рынка научно-технической продукции по конкретным позициям товара может быть оценен следующими способами: эвристическим, экономико-математическим или нормативным.

При периодических замерах долей рынка конкурирующими товарами (в нашем примере *А, В* и *С*) в любой отрезок времени они должны приближаться к полученным соотношениям R_j (9), как к математическим ожиданиям. Поскольку каждое из результатов измерений будет отличаться от теоретических расчетов в силу воздействия целого ряда случайных факторов, следует оценивать значимость таких отклонений. Это можно осуществить путем проверки статистической гипотезы на основе *t*-распределения Стьюдента при 5-% уровне значимости. Будем полагать, что, если проверочная статистика $t_{\text{пр}}$ меньше, чем граничное значение $t_{\text{гр}}$, то полученные результаты измерений укладываются в нормальные кривые распределения с математическими ожиданиями R_A, R_B, R_C. При этом:

$$t_{\text{гр}_j} = \frac{m_{\text{ср}_j} - R_j}{S_j\sqrt{k-1}},$$ где:

$m_{\text{ср}_j}$ - математическое ожидание выборки результатов замера *i*-го изделия;

R_j - его математическое ожидание рыночного успеха (9);

S_j - среднеквадратическое отклонение результатов замера *i*-го изделия по *k* измерениям;

$t_{\text{гр}_j}$ - значение *t*-распределения Стьюдента при уровне значимости 0,1 и количестве свобод, равное *k-1*; $t_{\text{гр}_j}$ определяется по статистическим таблицам.

Если $t_{\text{пр}_j}$> $t_{\text{гр}_j}$, то это означает, что либо допущена ошибка при определении R_j, либо произошло вмешательство внешнего фактора.

Предложенная методика прогнозирования рыночного успеха инновационного товара в значительной степени базируется на экспертных оценках. Для оценки согласованности экспертов на практике применяют дисперсионный коэффициент конкордации.

При числе ранжируемых параметров *n*>7, оценка значимости коэффициента конкордации может быть произведена по критерию χ^2 при 5% уровне значимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.М. Как принимать решения. Учебное пособие. СПб.: ООО Издательство «Химера» 1999, 200 с.
2. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений/ Редкол.: Е.М. Сергеев и др. – М.: Экономика, 1994. – 176 с.
3. Семиглазов В.А., Морозов Р.В. Оценка конкурентоспособности инновационных радиоэлектронных приборов / Научная сессия ТУСУР-2003 : материалы регион. науч.-техн. конф. Ч. 3. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2003. – С. 151–155.
4. Петров П.В. Соломатин А.Н. Прогнозирование емкости рынка. Лекции. – СПб. ТЭИ. 1997. – 30 с.
5. Петухова И.В., Петухова Н.В. Прогнозирование емкости рынка отдельных групп товаров и услуг. // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. - № 5.
6. Теория статистики с основами теории вероятностей : учеб. пособие для вузов/ И.И. Елисеева [и др.] ; под ред. И.И. Елисеевой. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 446 с.

Игровая модель производственной программы фирмы методом теории игр

Задача 12

Предприятие выпускает обогреватели и кондиционеры, сбыт которых зависит от состояния погоды. По данным прошлых наблюдений предприятие в теплую погоду реализует 1000 обогревателей и 6 000 кондиционеров; в холодную погоду – 4 000 обогревателей и 1 200 кондиционеров. Себестоимость обогревателя – 8 руб./шт; кондиционера – 5 руб./шт. Цена обогревателя в месяц изготовления 12 руб./шт; позже – 3 руб./шт. Цена кондиционера в месяц изготовления – 8 руб./шт; позже – 2 руб./шт. На реализацию всей продукции расходуется 2 000 руб.

Определить оптимальную стратегию предприятия по выпуску продукции, обеспечивающую при любой погоде наибольшую прибыль.

Решение:

Предприятие в этих условиях обладает двумя чистыми стратегиями: стратегия А с расчетом на теплую погоду и стратегию Б с расчетом на холодную погоду. Природа – второй игрок – обладает также двумя стратегиями: стратегия В – теплая погода, стратегия Г – холодная погода.

Если предприятие выберет стратегию А, то в случает теплой погоды (стратегия природы В) прибыль составит:

1 000 · (12-8)+6 000 · (8-5)- 2 000 = 20 000 руб.

А в случае холодной погоды (стратеги природы Г):

1 000· (12-8)+1 200 · (8-5)+(6 000-1 200) ·(2-5)-2 000=-8 800 руб.

Если предприятие выберет стратегию Б, то в случае теплой погоды (стратегия природы В) прибыль составит:

1 000· (12-8)+1 200 ·(8-5)+(4 000 – 1 000) · (3-8)- 2 000 = - 9 400 руб.

А в случае холодной погоды (стратегия природы Г):

4 000 · (12-8)+1 200 · (8-5)- 2 000 = 17 600 руб.

Следовательно, платежная матрица данной игры:

$$\begin{vmatrix} A= 20\,000 & -8\,800 \\ Б= -9\,400 & 17\,600 \end{vmatrix}$$

Первая и вторая строки матрицы соответствуют стратегиям А и Б предприятия, а первый и второй столбцы – стратегиям природы В и Г.

В условиях неопределенности природы наибольший гарантированный доход предприятие обеспечит, если будет применять смешанную стратегию. Оптимизация смешанной стратегии позволит предприятию всегда получать среднее значение выигрыша независимо от стратегии природы.

Пусть x – частота применения первым игроком стратегии *А*, $(1-x)$ – частота применения стратегии Б. В случае оптимальной смешанной стратегии предприятие получит и при стратегии В (теплая погода), и при стратегии Г (холодная погода) второго игрока одинаковый средний доход:

$20\,000x – 9\,400\,(1-x)=- 8\,800x+17\,600\,(1-x)$

Отсюда $x=0,48$; $(1-x) = 0,52$.

Следовательно, предприятие применяя чистые стратегии в соотношении 48:52, будет иметь оптимальную смешанную стратегию, обеспечивающую ему в любом случае среднюю прибыль в сумме:

$20\,000 \cdot 0,48 – 9\,400 \cdot 0,52 = 4\,712$ *руб.*

Эта величина и будет ценой игры.

При оптимальной стратегии выпуск продукции составит:

(1 000 обогревателей + 6 000 кондиционеров) · 0,48 + (4 000 обогревателей + 1 200 кондиционеров) · 0,52 = 2 548 обогревателей + 3 522 кондиционеров.

Следовательно, оптимальная стратегия предприятия заключается в выпуске 2 548 обогревателей и 3 522 кондиционеров, что обеспечит ему при любой погоде прибыль в сумме 4 712 руб.

Распределение капиталовложений в инновационные проекты по методу поэтапного наращивания

Задача 13

Вам, как руководителю предприятия, выделено 10 млн. руб. для увеличения выпуска продукции. Четыре ваших заместителя (по производству, технологии, капитальному строительству, снабжению) предлагают набор мероприятий, ориентированных на различный прирост выпуска продукции и требующих соответствующих капитальных затрат. Каждый из ваших заместителей готов взяться за реализацию любого, но одного, мероприятия из всего набора. Вам необходимо решить проблему распределения выделенных средств, обеспечив максимальный прирост выпуска продукции на предприятии. Обобщенное представление всей совокупности представленных мероприятий имеет вид (табл. 20)

Вы можете выделить 10 млн. руб. третьему заместителю и ориентироваться на прирост выпуска продукции в 830 тыс. т/год. Можно выделить 5 млн. руб. первому заместителю и 5 млн. руб. третьему, что обеспечит прирост выпуска продукции в количестве 410+472 = 882 тыс. т./год. Второй вариант явно лучше первого. Попытка перебора всей совокупности возможных вариантов распределения 10 млн. руб. между заместителями или угадать лучший вариант практически обречена на неудачу. Необходим математический метод решения задачи. Метод такой имеется и его идея – поэтапное наращивание числа рассматриваемых сфер использования распределяемого ресурса.

Такими этапами для Вашей задачи могут быть:

1. Рассмотрение предложений первого и второго заместителей.
2. Дополнение предложениями третьего заместителя.
3. Дополнение предложениями четвертого заместителя.

Рассмотрим варианты, предложенные первым и вторым заместителями, «забыв» пока про остальные. Но рассмотрим всю совокупность вариантов распределения предоставленных денег. Если на первых двух заместителей выделить 1 млн. руб., то имеется два варианта их использования: отдать 1 млн. руб. первому заместителю, что дает 93 тыс. т./год; отдать 1 млн. руб. второму заместителю, что дает 108 тыс. т./год. Лучшим является второй вариант, который следует запомнить.

Таблица 13.1.

Потребные затраты, млн. руб.	Прирост выпуска продукции			
	1-й зам.	2-й зам.	3-й зам.	4-й зам
1	93	108	104	105
2	182	198	203	210
3	262	282	293	240
4	341	358	387	260
5	410 (2)	411	472 (2)	-
6	479	475	557	-
7	-	-	629	-
8	-	-	703	-
9	-	-	766	-
10	-	-	830 (1)	-

Если рассмотреть аналогичным образом распределение 2 млн. руб, то следует сравнить три варианта: 2 млн. руб. первому заместителю (182 тыс. т./год); 2 млн. руб. второму заместителю (198 тыс. т./год); разделить по 1 млн. руб. между первым и вторым заместителями (201 тыс. т./год). Лучшим в этом случае является третий вариант, который следует запомнить. Таким образом можно продолжить рассмотрение вариантов использования ресурсов от 3 млн. руб. до 10 млн. руб. Итоговые вывод этих исследования представим в след. таблице 13.2

Таблица 13.2.

Выделяемая сумм, млн. руб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прирост выпуска, тыс. т./год	108	201	291	380	464	544	623	699	768	837
Следует выделить 2-му заму	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4

Эту таблицу можно назвать обобщенной характеристикой мероприятий первого и второго заместителей (обобщенного зама).

Рассмотрим варианты использования средств, предложенные третьим и обобщенным заместителями. Алгоритм исследований будет таким же как и на первом этапе, только пара рассматриваемых заместителей будет другая. Если на третьего и обобщенного заместителя выделить 1 млн. руб., то имеется два варианта их использования: отдать 1 млн. руб. обобщенному заместителю (108 тыс. т/год); отдать 1 млн. руб. третьему заместителю (104 тыс. т./год). Лучшим оказывается первый вариант, который следует запомнить. Распределение 2 млн.

руб. имеет три варианта: 2 млн. руб. третьему заместителю (203 тыс. т./год); 2 млн. руб. обобщенному заместителю (201 тыс.т/год.); разделить по 1 млн. между третьим и обобщенным заместителями (212 тыс.т/год). Лучшим оказывается третий вариант, который следует запомнить. Рассмотрев таким образом все варианты от 3 млн. руб. до 10 млн. руб, получим итоговую таблицу 22.

Эту таблицу можно назвать обобщенной характеристикой мероприятий первого, второго и третьего заместителей. По аналогии с предшествующим этапом вычислений мы получили опять обобщенного заместителя и можем его рассмотреть совместно с четвертым заместителем. Не повторяя процесс рассуждений, который уже выше на первом и втором этапах решения задачи, приведем итоговый результат распределения ресурсов между четвертым и обобщенным (из трех замов) заместителем (табл. 13.3).

Таблица 13.3.

Выделяемая сумм, млн. руб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прирост выпуска, тыс. т./год	108	212	311	407	494	584	673	767	852	937
Средства, выделяемые 3му заму	0	1	2	3	3	3	3	4	5	6

Таблица 13.4

Выделяемая сумма, млн. руб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прирост выпуска, тыс. т./год	108	213	318	422	521	617	764	794	883	977
Следует выделить 4-му заму	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2

Если бы количество заместителей было больше четырех, то мы продолжили бы расчеты по выработанному алгоритму. В нашем примере все необходимые вычисления завершены. Остается из полученных таблиц выбрать ответ сформулированной задачи.

Из последней таблицы в столбце с объемом 10 млн. руб. находим, что четвертому заместителю выделяется 2 млн. руб., следовательно, на первых трех остается 8 млн. руб. В предпоследней таблице находим столбец с объемом 8 млн. руб., из которого видим, что третьему заместителю выделяется 4 млн. руб. На первых двух заместителей остается 4 млн. руб. Из первой таблицы видим, что в этом случае второму заместителю остается 2 млн. руб. В результате получен ответ исходной задачи.

Метод отбора инновационных идей

Задача 14

В нашей стране принята стратегия инновационного развития экономики, которая должна стать альтернативой сырьевому вектору развития.

В связи с этим вопросы совершенствования инновационного менеджмента приобретают актуальное значение.

Первая задача, которая встает перед малой венчурной фирмой (эксплерентом) – это поиск перспективных идей для их экспериментальной проработки и выпуска опытной партии.

При этом основные вопросы-требования в следующем:

- Соответствует ли идея нового товара инновационной стратегии и политике фирмы?
- Является ли новый продукт органичным продолжением предыдущего ряда продуктов?
- Соответствует ли идея нового продукта внутрипроизводственной структуре фирмы?
- Достаточный ли инновационный потенциал фирмы для реализации нововведения?
- Сможет ли новый товар освоить производство?
- Насколько существующая система знаний отвечает новому проекту?
- Имеется ли на фирме лидер, необходимые специалисты, способные быстро овладеть новыми знаниями, необходимыми для реализации новой идеи?
- Сможет ли фирма продать такой товар?
- Могут ли возникнуть схожие идеи новых продуктов у конкурентов?
- Осуществлял ли кто-нибудь ранее подобные идеи, если да, то насколько успешно?
- Может ли идея нового продукта иметь рекламный успех?

- На какой рынок лучше сориентировать идею нового продукта, имеется ли рыночная перспектива у него?
- Какую рыночную нишу удалось бы заполнить товаром?
- Есть ли возможность защитить новую идею продукта патентом?
- Сколько времени может занять разработка нового товара? Не опоздает ли фирма с выходом на рынок?
- Сколько средств необходимо потратить на реализацию идеи и как скоро можно будет окупить разработку?
- Какая может потребоваться кооперация с партнерами, насколько доступны сырье, материалы, комплектующие?
- Какие риски связаны с реализацией идеи, как можно управлять ими?

Из изложенного очевидно, что ответственный отбор новых идей занимает много времени и связан с большими затратами. В то же время для выбора наиболее оптимальной идеи в смысле затрат на ее реализацию и получения максимальной выручки при ее коммерциализации необходимо проанализировать достаточно большое количество (сотни) идей.

На рис.14.1 показан пример отсева идей в инновационном бизнесе по материалам американской кампании 3М:

n – количество идей; *C* – стоимость товара.

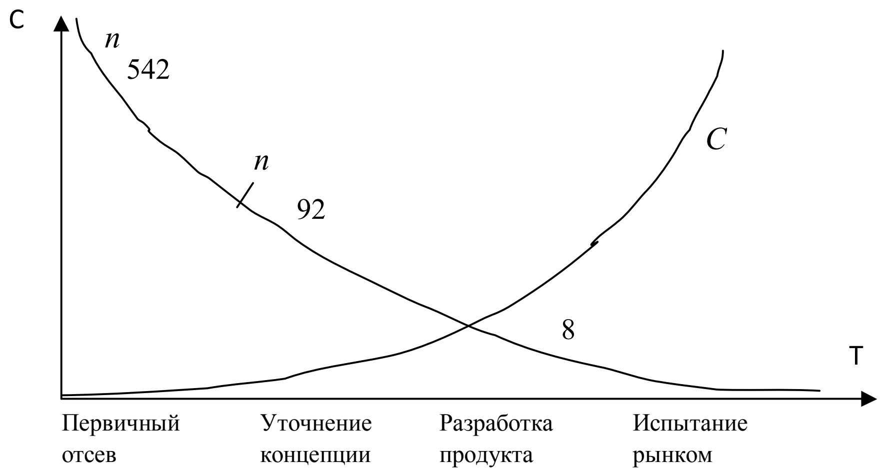


Рис.14.1 Пример отсева идей и затраты на их реализацию

Опыт отбора идей показывает, что из общего объема анализируемых идей 5-10% из них могут удовлетворить фирму вышеизложенным требованиям.

В связи с этим стоит задача: какое минимальное количество идей следует отобрать для анализа из общей совокупности, чтобы быть уверенным с вероятностью более 90%, что в этот отбор обязательно попадет подходящая для фирмы идея? Такой подход гарантирует значительное снижение затрат на отбор идеи. В настоящей работе эта задача решается на основе вероятностных распределений случайной величины и модифицированного экспертного заключения.

При выборе идеи целесообразно ориентироваться на приоритетные направления исследований и разработок, которые поддерживаются государством:

- информационные технологии и новации;
- лазерные технологии;
- робототехника, компьютеризация производства;
- гибкие производственные системы;
- создание материалов с заранее заданными свойствами;
- научно-технические системы в обороне;
- научно-технические системы в аэрокосмической и атомной промышленности;
- технологии живых системы (биотехнология);
- экология, энергоснабжение и рациональное природопользование;
- освоение оптико-волоконной техники;
- нанотехнологии;
- медицинское приборостроение.

Поиск новых идей может осуществляться различными способами:

- экспертными заключениями – при этом используются методы: проб и ошибок, контрольных вопросов; мозгового штурма, морфологического анализа, синектики и т.д.
- анализом внутренних и внешних информационных источников.

В табл. 14.1 приведена статистика источников новых идей по данным американской ассоциации менеджеров (АМА):

Таблица 14.1

Источники	Кол-во компаний, пользующихся этими источниками
1. Внутренние источники:	
• Исследовательские центры	33
• Отделы маркетинга	30
• Производство	12
• Совет директоров, менеджмент	10
2. Внешние источники:	
• Потребители	16
• Партнеры	7
• Технические публикации	4
• Конкуренты	3
• Университеты	3
• Изобретатели	3
• Рекламные агентства	3
• Поставщики	2
• Государственные организации	2

Для решения поставленной задачи – снижение временных, трудовых и финансовых ресурсов при отборе перспективной в смысле разработки и реализации идеи из большого количества подлежащих рассмотрению примем следующие допущения:

- в общей совокупности (N) идей находится не менее 5 % (M) идей, удовлетворяющих условиям отбора;
- отбирается для реализации одна идея;

- все идеи из общей совокупности имеют одинаковую вероятность быть изъяты для первичного рассмотрения;
- рассмотренные идеи имеют собственный порядковый номер;
- выборка n идей производится одновременно из всей совокупности (N), с помощью таблицы случайных чисел;
- количество идей, удовлетворяющих условиям отбора и попавших в выборку *n,* обозначим через *m.*

Определим вероятность нахождения в выборке n число m подходящих идей. При учете принятых допущений эта вероятность подчиняется гипергеометрическому распределению [2]:

$$P(m) = \frac{C_M^m \cdot C_{N-M}^{n-m}}{C_N^n}, \tag{1}$$

где C_M^m - число сочетаний из M по m и т.д. соответственно.

Формула (1) говорит о вероятности появления только числа m из M.

Задаваясь значениями n, m, M и N методом перебора с помощью надстроек MS Excel определяем P_i, где $i = \overline{1,m}$. Общая вероятность попадания в выборку n не менее одной подходящей идеи определяемся суммой вероятностей:

$$P_{\sum} = \sum_{E=1}^{m} P_i \tag{2}$$

Рассмотрим пример.

Пусть общее количество идей N=100, величина выборки n варьируется от 10 до 50; количество подходящих идей в совокупности всех идей M =5, $P_{\sum} \geq 0{,}9$. Задаваясь значениями m от 1 до 5 подсчитаем $P_{\sum}$ из (2) в табл.14.2.

Таблица 14.2

m	P_i n=10	P_i n=20	P_i n=30	P_i n=40	P_i n=50
1	0,339	0,420	0,365	0,259	0,152
2	0,07	0,207	0,316	0,354	0,318
3	0,06	0,04	0,130	0,242	0,318
4	-	0,050	0,080	0,090	0,152
5	-	0,020	0,050	0,008	0,028

$P_{\sum}$	0,469	0,737	0,941	0,953	0,968

Из табл.25 видно, что для нашего примера выборка *n* должна быть не менее 30, что значительно меньше всей совокупности *N* =100. Далее 30 идей сравниваются между собой, менее удачные идеи отбрасываются, а оставшаяся сравнивается со следующими из выборки, при этом может оказаться, что в выборке присутствуют более одной идеи-лидера (см. табл.14.2).

Так, например, для *n* = 30 вероятность появления более двух идей-лидеров составляет 0,446; для *n* = 40 эта вероятность равна 0,596; для *n* =50 соответственно 0,636.

Время отбора идей можно существенно сократить, если всю выборку *n* разбить на ряд групп, каждую из которых анализирует отдельная команда экспертов и отбирает идеи – лидеры в своей группе. (Если попадется сильная группа, то можно потерять идею - лидера).

Затем сравниваются идеи – лидеры каждой из групп между собой и выбирается одна, две наилучшие.

Теперь рассмотрим количественный метод сравнения отобранных идей между собой, взяв за основу работу авторов.

Суть метода основана на следующем.

Каждая идея оценивается на степени удовлетворенности тем требованиям, которые предъявляются к новым идеям, изложенным в начале статьи. Все требования оцениваются количественно. Поскольку размерность каждого требования – характеристики различная, что делает невозможным их сравнение, то вводится нормировка этих параметров.

Затем каждому параметру присваивается весовой коэффициент.

Таким образом, каждая идея оценивается совокупностью безразмерных параметров, имеющих свои весовые коэффициенты. Интегрально каждая идея оценивается суммой произведений безразмерных параметров μ_i на соответствующий приоритет α_i, рассчитываемый из весовых коэффициентов.

$$M = \sum_{i=1}^{k} \mu_i \alpha_i \, , \qquad (3)$$

где: M - качество идеи, k - количество сравниваемых параметров.

У идеи лидера M - наибольшее среди сравниваемых идей.

Рассмотрим пример.

Пусть происходит сравнение среди трех идей по 11 параметрам. (Табл.14.3).

Таблица 14.3

N	Характеристика (*i)*	Идея *A* (μ_{A_i})	Идея *B* (μ_{B_i})	Идея *C* (μ_{C_i})	Вес (β)	Приоритет α_i
1	Степень риска реализации идеи (*%*)	10 (1,00)	20 (0,50)	30 (0,33)	7	0,08
2	Количество средств на реализацию идеи (млн.руб.)	10 (1,00)	20 (0,50)	30 (0,33)	9	0,10
3	Срок окупаемости идеи (годы)	4 (0,50)	3 (0,66)	2 (1.00)	10	0,11
4	Продолжительность разработки идеи (годы)	3 (0,66)	2 (1,00)	4 (0,50)	9	0,10
5	Степень готовности производства к освоению (*%*)	100 (100)	89 (0,80)	60 (0,60)	6	0,07
6	Степень обеспеченности кадрами для реализации идеи (*%*)	100 (1,00)	80 (0,80)	60 (0,60)	5	0,06
7	Вероятность рыночного успеха идеи (*%*)	90 (1,00)	80 (0,88)	70 (0,77)	8	0,09
8	Конкурентоспособность идеи (*%*)	80 (0,80)	90 (0,80)	100 (1,00)	10	0,11
9	Степень научно-технического задела на фирме (%)	100 (1,00)	80 (0,80)	60 (0,60)	7	0,08
10	Предполагаемая ежегодная выручка от реализации идеи	2,5 (0,17)	7 (0,47)	15 (1,00)	10	0,11

	(млн.руб.)					
11	Количество собственных предполагаемых к запатентованнию решений в процессе разработки (шт.)	1 (0,33)	2 (0,66)	3 (1,00)	6	0,07

В табл.14.3 во второй колонке в качестве примера приведено 11 параметров – характеристик, по которым проводится сравнение идей; это количество можно изменить в любую сторону в зависимости от отрасли, к которым принадлежат идеи, либо от предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР).

В колонках 3-5 для трех видов идей (А, В и С) представлены числовые значения характеристик, а в скобках их нормированные величины.

Нормировка производится следующим образом.

За единицу принимается лучшее из трех (наиболее полезное) значение *i*-ой характеристики. Два других нормированных значения определяются как частное от деления величины исследуемой характеристики на величину, принятую за единицу, если за единицу было принято наибольшее из трех значений характеристик. Если за единицу принято наименьшее из трех значений характеристик, то это значение переходит в числитель, а сравниваемые характеристики – в знаменатель.

В шестой колонке проставлены весовые значения (β_i) характеристик в диапазоне от 1 до 10. Эти значения определяются либо экспертным путем либо по усмотрению ЛПР.

В последней колонке проставлены рассчитанные значения приоритетов характеристик α_i, которые рассчитываются по формуле:

$\alpha_I = \frac{\beta_i}{\sum_1^{11} \beta_i}$. При этом $\sum_1^{11} \alpha_i = 1.0$

Если трактовать μ_{ki} как случайные значение параметров изделия *k,* а α_i - как вероятность этой случайной величины, то формулу (3) можно трактовать, как математическое ожидание, характеризующее изделие *k.*

Проведя вычисления для каждой идеи по формуле (3) получим:
$M_A = 0{,}73$; $M_B = 0{,}73$; $M_C = 0{,}73$.

Проведем сравнение идей по четырем интегральным параметрам: математическому ожиданию, отклонению от идеальной идеи, колеблемости и окупаемости. ЛПР может дополнить этот список, исходя из специфики идей и собственных предпочтений.

По параметру *M* лидером является идея *A.* Если значение M_A принять за единицу, то превосходство идеи *A* по параметру *M* над идеями *B* и *C* будет представлено следующим образом.

$A_M = 1{,}00$; $B_M = 0{,}7$; $C_M = 0{,}92$.

Сравним идеи *A,B* и *C* по степени их отклонения δ_k от идеальной идеи, т.е. такой, у которой по всем характеристикам $\mu_i = 1{,}00$, тогда для идеальной идеи $M_{и.д.} = 1{,}00$ и, следовательно:

$\delta_A = 1{,}00 - M_A = 0{,}230$; $\delta_B = 1{,}00 - M_B = 0{,}492$; и $\delta_C = 1{,}00 - M_C = 0{,}327$.

Превосходство идеи *A* по параметру δ будет представлено следующим образом:

$A_\delta = 1{,}00$; $B_\delta = \dfrac{\delta_A}{\delta_B} = 0{,}47$; $C_\delta = \dfrac{\delta_A}{\delta_C} = 0{,}70$.

Сравним идеи по степени колеблемости (γ), определяемой по формуле:

$$\gamma_k = \frac{\delta_k}{M_k}, \tag{4}$$

где δ_k - среднеквадратичное отклонение случайных величин μ_i от математического ожидания *M.*

Чем выше колеблемость, тем в меньшей степени *M* определяется основными наиболее важными характеристиками.

Среднеквадратичное отклонение характеристик для каждой идеи определяется следующим образом:

$$\sigma = \sqrt{\sum (\mu_i - M)^2 \alpha_i}\,. \tag{5}$$

Расчеты по формулам (4) и (5) показали, что:
$\gamma_A = 0{,}32$; $\gamma_B = 0{,}39$; $\gamma_C = 0{,}24$.

Превосходство идеи *C* по параметру γ составляет:

$C_\gamma = 1{,}00$; $A_\gamma = \dfrac{\gamma_C}{\gamma_A} = 0{,}75$; $B_\gamma = \dfrac{\gamma_C}{\gamma_B} = 0{,}61$.

Если сравнить идеи по самым важным (V_k) двум параметрам: срок окупаемости и ежегодная выручка, то получим для каждой идеи по формуле следующее:

$V = \mu_3 \cdot \alpha_3 + \mu_{10} \cdot \alpha_{10}$:

$V_A = 1{,}00$; $V_B = 0{,}123$; $V_C = 0{,}22$.

Превосходство идеи *C* по важным параметрам:

$C_V = 1{,}00$; $A_V = \dfrac{V_A}{V_C} = 0{,}33$; $B_V = \dfrac{V_B}{V_C} = 0{,}56$.

Подсчитаем суммарное значение превосходства для каждой идеи по всем критериям сравнения.

$A_\sum = A_M + A_\Delta + A_\gamma + A_V = 3{,}08$;

$B_\sum = B_M + B_\Delta + B_\gamma + B_V = 2{,}34$;

$C_\sum = C_M + C_\Delta + C_\gamma + C_V = 3{,}62$.

Из полученных результатов видно, что следует выбрать для реализации идею *C*.

На рис.14.2 представлена диаграмма относительного превосходства каждой из трех идей по четырем сравниваемым параметрам.

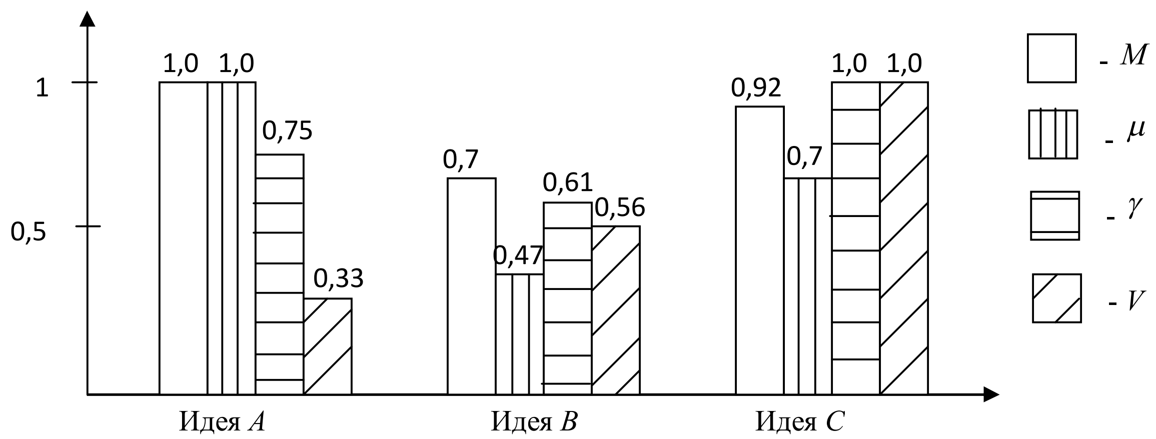


Рис. 14.2 – Диаграмма относительного превосходства идей

После отбора идеи необходимо провести анализ рынка и разработать бизнес-план, в котором будут рассмотрены производственный и финансовый планы реализации идеи, проанализированы риски и конкурентная среда. На инновационной фирме должен быть организован постоянный процесс пополнения банка идей и их ранжирования по степени соответствия инновационной политике фирмы.

Предложенная модель позволяет существенно сократить временные и финансовые ресурсы, затрачиваемые на отбор инновационных идей, и в то же время допускает ее модернизацию под конкретные предпочтения ЛПР.

Список использованной литературы

1. Петруненков А.А. Организация разработки нового товара. Учебно-методическое. – М.: Монолит, 2002. – 288 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб.пособие для вузов/ В.Е. Гмурман. – 11-е изд., стер. – М.: Высш.шк. 2005. – 479 с.: ил.
3. Семиглазов А.М., Семиглазов В.А. Прогнозирование рыночного успеха инновационного товара. Ж. «Экономика и управление», № 2 (41) 2009 г. с. 101-105.
4. Михайлов В.И. Как принимать решения. Учебное пособие. СПб.: ООО «Издательство «Химера», 1999г. – 200 с.

Управление творческим потенциалом инновационной фирмы

Задача 15

Инновационная деятельность очень рискованная и затратная деятельность. Снижение риска, обеспечение эффективности инновационной фирмой всецело зависит от квалификации менеджерского состава фирмы от ее инновационного потенциала.

Основу инновационного потенциала любой фирмы составляют ее научные кадры. Оптимизация загрузки сотрудников в соответствии с их квалификацией, опытом разработки новых приборов является актуальной задачей, именно решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

В основу настоящих исследований положена модель управления творческим коллективом подразделения, занимающегося разработкой принципиальных схем наукоемкой электронной продукции в составе научно-производственного центра (НПЦ). В целом НПЦ занимается научной и экспериментальной проверкой идей, новшеств, разработкой принципиальных схем, программных продуктов, конструкторской и технологической документации конкурентоспособных изделий. Производственная деятельность НПЦ включает выпуск экспериментальных и опытных партий изделий, испытанием их у заказчика и передачу в серийное производство отработанной документации.

Кадровый состав подразделения разработчиков и укрупнено их обязанности можно представить следующим, например, образом:

- начальник подразделения, отвечает за планирование, координацию и контроль над деятельностью всего подразделения (к.т.н.)
- главный научных сотрудник (д.т.н.) руководит и лично участвует в прогнозировании и разработке пионерных проектов (А) на фирме или в выпуске крупных научных отчетов, аналитических обзоров, выполняет функции зам. начальника подразделения.
- ведущий научный сотрудник (к.т.н., д.т.н.)– руководит разработкой проектов (В), имеющих прототипы в более ранних разработках или не требующих фундаментальных новых знаний, руководит выпуском испытательной и эксплуатационной документации, согласованием и корректировкой технического задания (Е), участвует в госиспытаниях (G), руководит выпуском аван-проектов (Н).

- старший научный сотрудник (к.т.н.) – занимается модернизацией ранее разработанных приборов, осуществляет дифференциацию продукции на фирме (C), участвует в разработке отчетов (D), во всех видах испытаниях приборов, корректировке документации, в выдаче технических заданий (ТЗ) смежным подразделениям (E);
- младший научный сотрудник – участвует в работах A, B и D и полностью решает вопросы авторского сопровождения проектов в макетном и опытном производствах (F);
- инженер – экономист – принимает участие на всех стадиях управления проектами, для составления смет, калькуляции, формирования договоров с заказчиками и смежными подразделениями;
- техник-оформитель – участвует в оформлении ТЗ, отчетов, извещений на изменения и другой документации.

Такое распределение работа носит несколько условный характер и не исключает отвлечение сотрудников на другие виды работ для решения оперативных задач управления проектами. На других фирмах распределение работ может быть отличным от рассматриваемого.

Представим в табл.15.1 распределение фонда рабочего времени отдела, состоящего из трех лабораторий по категориям сотрудников и работам.

Используя данные таблицы, можно решить две задачи: первая – при известном количестве сотрудников и стоимости каждой из работ с: определить количество разнотипных проектов (работ) (X), которые могут быть выполнены ими из условия максимальной выручки; вторая – при известном количестве проектов и заработной платы каждого из сотрудников определить количество и состав сотрудников (y_i) из условия минимальных издержек на зарплату.

Таблица 15.1

№	Категория сотрудников	Виды проектов (работ)								Кол-во сотрудников в отделе	Минимальное кол-во	З/плата сотрудников (у.д.е.) (Z
		A (j=1)	B (j=2)	C (j=3)	D (j=4)	E (j=5)	F (j=6)	G (j=7)	H (j=8)			

1	Начальник подразделения (i=1)	a_{11} (0,03)	a_{12} (0,03)	a_{13} (0,05)	a_{14} (0,25)	a_{15} (0,25)	a_{16} (0,010)	a_{17} (0,010)	a_{18} (0,01)	$У_1$ (3)	3	Z_1(50)
2	Главный научный сотрудник (i=2)	a_{21} (0,3)	a_{22} (0,1)	a_{23} (0,1)	a_{24} (0,1)	a_{25} (0)	a_{26} (0)	a_{27} (0)	a_{28} (0,15	$У_2$ (3)	3	Z_2(40)
3	Ведущий научный сотрудник (i=3)	a_{31} (0,10)	a_{32} (0,50)	a_{33} (0,15)	a_{34} (0,20)	a_{35} (0,10)	a_{36} (0,20)	a_{37} (0,10)	a_{38} (0,20)	$У_3$ (6)	6	Z_3(30)
4	Старший научный сотрудник (i=4)	a_{41} (0,05)	a_{42} (0,10)	a_{43} (0,40)	a_{44} (0,30)	a_{45} (0,30)	a_{46} (0,30)	a_{47} (0,30)	a_{48} (0,30)	$У_4$ (8)	8	Z_4(20)
5	Младший научный сотрудник (i=5)	a_{51} (0,05)	a_{52} (0,05)	a_{53} (0,10)	a_{54} (0,10)	a_{55} (0,30)	a_{56} (0,30)	a_{57} (0,30)	a_{58} (0,10)	$У_5$ (7)	7	Z_5(15)
6	Инженер-экономист (i=6)	a_{61} (0,05)	a_{62} (0,05)	a_{63} (0,05)	a_{64} (0,10)	a_{65} (0,15)	a_{66} (0)	a_{67} (0)	a_{68} (0,10)	$У_6$ (2)	2	Z_6(20)
7	Техник-оформитель (i=7)	a_{71} (0,05)	a_{72} (0,05)	a_{73} (0,05)	a_{74} (0,10)	a_{75} (0,05)	a_{76} (0)	a_{77} (0,20)	a_{78} (0,10)	$У_7$ (2)	2	Z_7(10)
	Количество проектов (работ) (Xj)	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8			

	Минимальное количество проектов b_j	1	2	3	4	5	6	7	8
	Стоимость проектов (cj) (работ), в условных денежных единицах	c_1 (5000)	c_2 (3000)	c_3 (2000)	c_4 (1000)	c_5 (300)	c_6 (500)	c_7 (300)	c_8 (1000)

В скобках для Y_i, C_j, Z_i и a_{ij} приведены данные для примера

a_{ij} – часть бюджета времени сотрудника, которую он может посвятить выполнению одного конкретного проекта.

Оптимизация количества проектов

Решим вначале первую задачу: при известном количественном составе коллектива (данные в скобках предпоследней колонке) (Y_i) определить какое количество проектов (X_j) разной категории и стоимости (C_j) освоит подразделение при условии достижения максимальной выручки (V).

Запишем математическую модель задачи. Целевая функция:

$$V = \sum_{j=1}^{n} x_i c_j \longrightarrow max$$

Функциональные ограничения:

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq d_i,\ \ i = \overline{1,7}; j = \overline{1,8}$$

Прямые ограничения:

$$x_j \geq b_j, \quad j = \overline{1,8}$$

i – номер строк, j – номер столбцов.

b_j – минимальное количество проектов (j-ой) категории, которое должно освоить в рассматриваемом календарном периоде творческий коллектив (лаборатория, отдел). Это количество может быть переходящим от предыдущего периода либо формироваться уже заключенными договорами.

Если рассматривать структурное подразделение – отдел, состоящий из трех лабораторий и сотрудников в количестве y_i по штатному расписанию, то в нашем конкретном примере система уравнений может быть записана в следующем виде:

$$V = 5000x_1 + 3000x_2 + 2000x_3 + 1000x_4 + 300x_5 + 500x_6 + 300x_7 + 1000x_8; \qquad (4)$$

$$\left.\begin{aligned}
&0{,}03x_1 + 0{,}03x_2 + 0{,}05x_3 + 0{,}25x_4 + 0{,}25x_5 + 0{,}01x_6 + 0{,}01x_7 + 0{,}01x_8 \le 3;\\
&0{,}3x_1 + 0{,}1x_2 + 0{,}1x_3 + 0{,}1x_4 + 01x_8 \le 3;\\
&0{,}1x_1 + 0{,}5x_2 + 0{,}15x_3 + 0{,}2x_4 + 0{,}1x_5 + 0{,}2x_6 + 0{,}1x_7 + 0{,}2x_8 \le 6;
\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

$$0{,}05x_1 + 0{,}1x_2 + 0{,}4x_3 + 0{,}3x_4 + 0{,}3x_5 + 0{,}3x_6 + 0{,}3x_7 + 0{,}3x_8 \le 3;$$

$$0{,}05x_1 + 0{,}05x_2 + 0{,}1x_3 + 0{,}1x_4 + 0{,}3x_5 + 0{,}3x_6 + 0{,}3x_7 + 0{,}1x_8 \le 7;$$

$$0{,}05x_1 + 0{,}05x_2 + 0{,}05x_3 + 0{,}1x_4 + 0{,}15x_5 + 0{,}1x_8 \le 2;$$

$$0{,}05x_1 + 0{,}05x_2 + 0{,}1x_3 + 0{,}1x_4 + 0{,}05x_5 + 0{,}2x_7 + 0{,}1x_8 \le 2;$$

$$x_1 \ge 2;\ x_2 \ge 2;\ x_3 \ge 3;\ x_4 \ge 4;\ x_5 \ge 6;\ x_6 \ge 4;\ x_7 \ge 3;\ x_8 \ge 2; \qquad (6)$$

Решение этой системы уравнений с помощью Excel [1] дает следующие результат:

$$V = 48\ 783{,}3 \text{ у.д.е.}$$

Производственная функция

На основе полученных результатов можно определить производственную функцию творческого коллектива как функцию максимальной выручки V_{max} от количества сотрудников при условии, что подразделение укомплектовано в достаточном количестве оборудованием, а выпускаемой продукцией является инновационная документация. Проводя расчеты аналогично приведенным выше, при условии, что коллектив увеличен в два, три и четыре раза, получим

$V_{1max} = 48\,783$ у.д.е.; $V_{2max} = 138\,964{,}6$ у.д.е.;

$V_{3max} = 212\,062{,}2$ у.д.е.; $V_{4max} = 285\,159{,}7$ у.д.е.

Легко видеть, что увеличение выручки превышает линейную зависимость от увеличения состава коллектива. Это можно объяснить синергетическим эффектом объединения, сотрудников в единый коллектив.

Производственную функцию конкретную для нашего примера коллектива можно представить в виде степенной функции:

$$V_{max} = hL^{s}, \text{ где} \tag{7}$$

h – мультипликативный коэффициент, $L = \overline{1,r}$; s – коэффициент синергии.

При L=1, $h = V_{1max}$=48 783у.д.е.

Прологарифмируем выражение (7):

$$\ln V_{max} = \ln h + s \ln L;$$

откуда при L=2, s_2=1,45; при L=3, s_3=1,27; при L =4, s_4=1,28 или $s_{ср}$=1,33.

При s=1 синергетический эффект отсутствует.

Окончательно для нашего примера:

$V_{max} = 48783L^{1.33}$

Очевидно, мы вправе ожидать проявления синергетического эффекта в той или иной степени и от частичного увеличения одной или нескольких категорий сотрудников в составе одного коллектива.

Аналогичные результаты можно получить не только посредством увеличения числа сотрудников, но и с помощью увеличения времени на разработки при сохранении удельных затрат a_{ij} времени на каждый из проектов каждого из сотрудников. При этом, конечно, надо понимать, что увеличение времени на разработку может привести к потере объема рыночной доли инновационного товара из-за действия конкурентов.

Задача 16

Оптимальный состав коллектива

Вышеприведенные расчеты по оптимизации выручки строились по умолчанию на предложении, что коллектив имеет достаточно обширный портфель заказов, из которого он может формировать оптимальный ассортимент проектов, подлежащих разработке. Это достаточно условная ситуация, на практике чаще приходится формировать коллектив под имеющиеся заказы, например, с помощью реструктуризации лабораторий в составе отдела, либо переключать освободившихся сотрудников для проведения поисковых НИР, создания инновационного задела, унификации разработок и т.д.

Определение оптимального состава коллектива при известном наборе проектов, подлежащих разработке, может быть достигнуто посредством решения задачи двойственной к рассмотренной выше.

Целевая функция при этом направлена на обеспечение минимальных издержек (W) на зарплату коллектива, вовлеченного в разработку $\sum_1^m x_i$.

Запишем математическую модель задачи:

$$W = \sum_{i=1}^{m} y_i z_i; \tag{8}$$

Функциональные ограничения:

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} a_{ij} y_{ij} \geq b_{ij}; \tag{9}$$

Прямые ограничения:

$$y_i \geq d_i. \tag{10}$$

Используя данные для примера в табл.1 на базе Excel получим:

- Максимальная месячная зарплата коллектива – 745 у.д.е.
- Начальник лабораторий – 3 чел.
- Главный научный сотрудник – 2 чел.
- Ведущих научных сотрудников – 7 чел.
- Старших научных сотрудников – 8 чел.
- Младших научных сотрудников – 6 чел.
- Инженеров-экономистов – 2 чел.
- Техников-оформителей – 2 чел.

При этом были введены ограничения по минимуму разрабатываемых проектов по категориям:

$$A \geq 2; (B \div H) \geq 5;$$

По категориям Д и Е возможно превышение количества проектов до 6.

Распределение инновационных проектов между группами разработчиков или отдельными специалистами

В любом НИИ, ОКБ или НПЦ группы разработчиков, (конструкторов) отличаются между собой по научно-техническому потенциалу, включающему в частности следующие характеристики:

- большой опыт в проведении инновационной деятельности, в разработке тех или иных проектов;
- количество ранее полученных патентов на изобретения, свидетельства на полезные модели, ноу-хау;
- наличие ученых степеней, большой стаж работы, достаточно молодой возраст, до 45 лет;
- деловая научно-техническая связь сотрудников с коллегами в отрасли;
- степень освоения современной информационной технологией;
- периодичность публикаций сотрудниками научно-технических работ;
- высокий творческий климат в группе;
- степень загруженности группы предыдущими, незаконченными работами и т.д.

Различие групп по научно-техническому потенциалу приводят к тому, что одни и те же проекты различными группами выполняются за разное время, уточнить которое можно, и то ориентировочно, кропотливым нормированием, через индивидуальные коэффициенты a_{ij} , где $i = \overline{1,n}$, номер группы разработчиков, а $j = \overline{1,n}$, номер проекта. Эту ситуацию можно отразить в следующей матрице (табл. 16.1).

Таблица 16.1

	Номера проектов $в_j$ (вид работ)			
Номер группы разработчиков	1	2	3	4

1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}
4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}

Имея данные от каждой группы, инновационный менеджер ищет оптимальный вариант распределения проектов по группа разработчиков.

Запишем математическую модель задачи (11-14).

Пусть M_{ij} – переменная, значение которой равно 1. Если i – группа выполняет j-ый проект и О – в противном случае. Тогда условие того, что каждая группа выполняет только один проект, запишется в виде:

$$\sum_{j=1}^{n} M_{ij}; \tag{11}$$

Условие того, что каждый проект может выполняться только одной группой, запишется в виде:

$$\sum_{i=1}^{n} M_{ij}; \tag{12}$$

Целевая функция задачи будет иметь вид:

$$T = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} M_{ij} \Rightarrow \min \tag{13}$$

Где T – общее минимальное время, затраченное всем группами на выполнение всех проектов. В целевую функцию входят только те значения a_{ij}, для которых M_{ij} отличается от нуля, то есть входят затраты времени, соответствующие назначенным работам. Прямые ограничения задачи:

$$M_{ij} \in \{0,1\}, i = \overline{1,n}; j = \overline{1,n}; \tag{14}$$

Эта задача также, как и предыдущие, может быть решена в среде Excel, либо используя аналитический метод – венгерский метод [5].

Оптимизация конструкторского подразделения

Отделы – разработчики принципиальных схем (ПС) передают свою документацию в конструкторский отдел для разработки конструкторской документации – альбомов рабочих чертежей. Оптимизация структуры конструкторского отдела (количество групп конструкторов) определяется собственной производительностью и частотой поступления документации на разработку от отделов – разработчиков ПС.

Известно, что для инновационного проекта сокращение времени выхода товара на рынок является основным фактором максимизации прибыли. Этого можно достичь, если организационная структура обладает некоторой избыточностью.

В то же время при структурной ограниченности возможна перегрузка подразделений в определенные моменты времени, что ведет к неоправданным задержкам в разработке документации и издержкам фирмы из-за упущенной выгоды. Таким образом, актуальной становится задачи оптимизации структуры (состава) инновационного подразделения с целью минимизации потерь фирмы из-за задержки выхода нового товара на рынок и минимизации потерь от простоя подразделения из-за избыточности структур.

Найти оптимальное решение поставленной задачи можно на основе теории массового обслуживания (СМО) для класса случайный процессов; при этом рассматривается модель многоканальной СМО с неограниченной очередью. Обслуживание осуществляет конструкторский отдел, у которого в качестве каналов обслуживания выступают группы конструкторов.

Для решения поставленной задачи необходимо иметь достоверную информацию об издержках фирмы за счет несвоевременного выхода инновационного товара на рынок, издержках, вызванных избыточностью структуры, допустимым временем ожидания начала конструкторской разработки и длительностью ее проведения.

Определению подлежат: вероятность простоя структурной единицы в подразделении (группы конструкторов), среднее число проектов, дожидающихся в очереди своей проработки, относительная величина издержек. Оптимальное количество структурных единиц определяется по минимуму суммарных издержек. Важнейшие характеристики работы СМО задаются следующими формулами [2].

1. Вероятность того, что обслуживающие каналы свободны

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^k}{P!\left(1-\frac{a}{p}\right)}\right], \qquad (15)$$

где a– среднее число каналов, необходимых для того, чтобы за единицу времени обслужить все поступившие требования (задания от отдела-разработчика).

$$a = \frac{\lambda}{\mu};$$

$\frac{1}{\mu}$ - среднее время обслуживания (разработки конструкций) одним каналом (группы) одного требования;

λ - среднее число требований, поступающих за единицу времени.

p – фактическое число обслуживающих каналов в системе, $p > a$.

Среднее число заявок в очереди:

$$N_{\text{оч}} = \frac{a^{p+1}}{p!p(1-\frac{1}{p})^2} P_o; \qquad (16)$$

Среднее число заявок в системе:

$$N_{\text{сист}} = N_{\text{оч}} + a;$$

Среднее время пребывания заявки в очереди и среднее время пребывания заявки в системе:

$$T_{\text{оч}} = \frac{1}{\lambda} N_{\text{оч}}; \qquad T_{\text{сист}} = \frac{1}{\lambda} N_{\text{сист}}; \qquad (17)$$

Общие издержки фирмы, связанные с этапом разработки конструкции $С_{об}$:

$$И_{\text{об}} = \text{Т}_{\text{сист}}\ И_3 + \eta И_0, \qquad (18)$$

где $И_3$ – издержки (штраф) за задержку выхода товара на рынок, упущенная выгода;

$И_с$ – издержки содержания одной группы конструкторов.

Проиллюстрируем сказанное на конкретном примере, используя выражения (15-18).

Пусть в НИИ находится несколько отделов- разработчиков принципиальных схем электронных приборов и общий отдел конструкторов, которые разрабатывают конструкции приборов по заказам отделов разработчиков.

Средний потом заказов λ на разработку конструкций от отделов разработчиков 5 шт. в квартал, средняя производительность μ каждой группы конструкторов один прибор в квартал. Запаздывание выхода инновационной разработки рынок И$_з$ обходится фирме в 30 условных денежный единиц, а содержание одной группы конструкторов в квартал И$_c$-5 у.д.е. Определить оптимальное по издержкам количество групп конструкторов, т.е. $И_{об} \Rightarrow min$.

Для нашего случая p_{min}=6, так как $a = \dfrac{\lambda}{\mu} = 5$, а формулы справедливы при $\frac{a}{p}$<1.

Данные расчета сведем в табл. 16.2.

Таблица 16.2

Характеристики обслуживания	p_{min}=6	p=7	p =8
P_0, %	0,30	0,03	0,02
$N_{оч}$	1,50	0,30	0,003
$N_{сист}$	6,50	5,30	5,003
$T_{оч}$, кв.	0,30	0,06	0,0006
$T_{сист}$, кв.	1,30	1,03	1,0006
$И_{об}$, у.д.е.	69	66,80	70,20

Из таблицы видно, что оптимальное количество групп конструкторов в конструкторском отделе равно 7, при этом $И_{об}$ – минимально.

Аналогичным образом решается задача оптимизации структуры отдела-разработчика, испытательного отдела и т.д.

Использование методов линейного программирования в среде Excel и СМО позволяют оптимизировать управление творческим коллективом разработчиков инновационной продукции.

Список использованных источников

1. Решение оптимизационных задач в экономике/ А.В.Каплан (и др.). – Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 544 [1] с. ил.-

2. Федосеев В.В. Математическое моделирование в экономике и социологии труда. Методы, модели, задачи: уч.пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по специальность 080104 «Экономика труда», 080116. «Математические методы в экономике/В.В. Федосеев. – М.: ЮНИТИ – ДАНА. 2007. – 167 с.

3. Семиглазов А.М. Управление инновационным потенциалом венчурной фирмы // Проблемы современной радиоэлектроники и систем управления: Всеросс. науч.-практ.конф., посвященная 40-летию ТУСУРа. Т.2.-Томск: Томск. гос.ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – с.80-82.

4. Семиглазов А.М., Семиглазов В.А. Оптимизация структурного состава функционального подразделения инновационной фирмы // Проблемы современн современной радиоэлектроники и систем управления: Всеросс. науч.-практ.конф., посвященная 40-летию ТУСУРа. Т.2.-Томск: Томск. гос.ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – с.77-79.

5. Семиглазов В.А. Оптимизация распределения инновационных проектов между группами разработчиков // Научная сессия МИФИ – 2003: сб.науч.трудов. В 14 т. Т,11. Инновационные проекты, студенческие идеи, проекты, предложения. М.: МИФИ, 2003. – С.151-157.

Выбор конкурентной стратегии инновационной фирмы методом теории игр

Задача 17

Инновационная деятельность фирмы – это инструмент в конкурентной борьбе, инструмент антикризисного управления фирмой. Конкуренция – это конфликт, борьба сторон с противоположными интересами. В ходе конфликта каждая из сторон стремится нанести ущерб другой стороне и минимизировать собственные потери. Ситуация конфликта – непременный атрибут рыночных отношений.

Для анализа конфликтных ситуаций специально создана теория игр. В ней противоборствующие стороны названы «игроками», а их борьба – «игрой». Главная задача теории игр – сведение к минимуму потерь при конфликтах путем выработки оптимальной стратегии поведения.

Достаточно просто проводится игра двух игроков с «нулевой суммой». Последнее выражение подразумевает такую игру, когда общая сумма вовлеченных в нее активов в ходе игры не меняется, например не изымается в виде налогов. При такой игре выигрыш одной стороны в точности равен проигрышу другой.

Если игра имеет седловую точку, то оптимальное решение, снижающее потери, находится довольно просто и имеет вид чистой стратегии, то есть единичного выбора. Когда седловой точки нет, приходится применять смешанную стратегию, которая состоит из случайного чередования чистых стратегий с заранее установленной частотой. Последнее возможно в том случае, если отсутствуют обстоятельства, заставляющие фиксироваться только на каком-то одном решении. Если такие обстоятельства существуют, то решение приходится принимать с помощью специальной экспертизы, использующей байесовские методы.

Выбор стратегии при наличии седловой точки в игре-конфликте. Пусть, например, фирма A рассматривает меры по снижению потерь от усилившейся конкуренции фирмы B. Этими мерами могут быть улучшение качества ранее производимой продукции, дифференциация ранее производимой продукции, то есть расширение ассортимента, или выпуск новой продукции. Конкурирующая фирма может ответить тем же самым. Ожидаемое изменение выручки (выплат) в млн $ для фирмы A в зависимости от ответной стратегии фирмы B представлено в табл. 17.1. Помимо исходной информации таблица содержит столбец минимумов, которые потребуются для принятия решения.

Таблица 17.1. Стратегии фирмы в игре-конфликте

Выбор стратегии фирмы *A*	Ответные стратегии фирмы *B*				Столбец минимумов $\min_j$
	Ничего не делать	Повысить качество	Дифференцировать продукцию	Выпустить новую продукцию	
Ничего не делать	–10	–15	–18	–20	–20
Повысить качество	0	–10	–13	–15	–15
Дифференцировать продукцию	5	–5	-8	–10	–10
Выпустить новую продукцию	10	6	0	–5	$\boxed{-5}$
Строка максимумов, $\max_i$	10	6	0	$\boxed{-5}$	

В таблице представлены выигрыши и проигрыши фирмы *A*. Если предположить, что конкурентная борьба двух фирм является игрой с нулевой суммой, то надо считать, что каждому выигрышу X_{ij} фирмы *A* соответствует проигрыш фирмы *B*, равный ему по абсолютной величине. В силу сказанного легко понять, что таблицу для фирмы *A* можно в любой момент превратить в таблицу для фирмы *B*. Для этого в вышеприведенной таблице надо поменять знаки на противоположные.

В нашем примере будет иметься седловая точка, если минимум по строке максимумов будет равен максимуму в столбце минимумов, то есть если $\min_j \max_i = x_{ij}, \quad \max_i \min_j = x_{ij}$. Эти величины взяты в рамку, они равны, значит, седловая точка есть. В данном случае величину x_{ij} называют ценой игры, а ij – решением игры. Цена игры x_{44} = –5. Это решение соответствует выбору стратегии – выпустить новую продукцию; это решение справедливо для обеих фирм. Если какая-либо из фирм отклонится от этого решения, то ее соперница всегда сможет «наказать» ее ответным ходом.

Так, если фирма *B* вместо выпуска новой продукции повысит качество старой, то это пойдет ей в ущерб, но на пользу фирме *A*: у последней появится прибыль +6.

Уклонение от максиминного решения невыгодно обеим фирмам. Само же решение является для обеих фирм наилучшим компромиссом. Это утверждение справедливо, если фирмы A и B не знают о выбранных стратегиях друг друга заранее и делают свой выбор стратегии одновременно в том смысле, что результаты реализации стратегий появляются на рынке практически в одно время, когда уже поздно менять решения.

Задача 18

Применение смешанных конкурентных стратегий инновационной фирмой

Применение смешанных стратегий означает, что инновационная фирма чередует свои стратегии либо во времени в определенной пропорции, либо в определенных количественных отношениях поставляет на рынок доработанные известные изделия (товары) по качеству, по номенклатуре, по объему параметров (модернизация) либо новые изделия. Конечно, более осмысленным является второй вариант.

Условия применения смешанных стратегий следующие:

– отсутствие седловой точки в платежной матрице;

– конкуренты используют случайную смесь чистых стратегий с заданной вероятностью (отношением);

– выбор стратегий многократно повторяется в сходных условиях;

– фирма и конкурент не информированы о выборе стратегии друг другом.

Применение смешанных стратегий проследим на примере конкурентных отношений инновационной фирмы (ИФ) с торгово-промышленным предприятием (ТПП).

Пусть ТПП в конкурентной борьбе использует три типа стратегии: торговля товарами-субститутами, ценовая конкуренция (за счет снижения издержек, масштаба производства, передовой технологии и т.д.) и неценовая конкуренция (улучшение продажного и послепродажного обслуживания, торговля в кредит и т.д.).

Инновационная фирма отвечает двумя видами стратегии: повышение качества известного на рынке товара и расширение ассортимента товара (дифференциация). В зависимости от цены, уровня качества и ширины ассортимента ИФ, а также уровня снижения цен, обслуживания, характеристик товара-субститута ТПП платежная матрица эффективности для ИФ может иметь различный вид, например, как в табл. 18.1.

Таблица 18.1

Стратегии ТПП и ИФ в игре с нулевой суммой

Стратегии ИФ	Стратегии ТПП		
	Товары-субституты	Ценовая конкуренция	Неценовая конкуренция
1. Повышение качества	3	4	12
2. Расширение ассортимента	8	6	3

Цифры приведены в условных денежных единицах, например в млн руб., и представляют собой выигрыш V - ИФ и проигрыш ТПП.

Проведем оптимизацию выбора стратегии геометрическим образом в координатных осях V, p, где p – вероятность выбора ИФ одной из двух стратегий. При этом будем полагать, что сумма выигрыша ИФ равна сумме проигрыша ТПП – игра с нулевой суммой.

Построим три отрезка кривых (рис. 1):

j_1: $3p+8(1–p)$; j_2: $4p+6(1–p)$; j_3: $12p+3(1–p)$.

Здесь p – вероятность (частота) использования стратегии повышения качества; $1–p$ – вероятность расширения ассортимента.

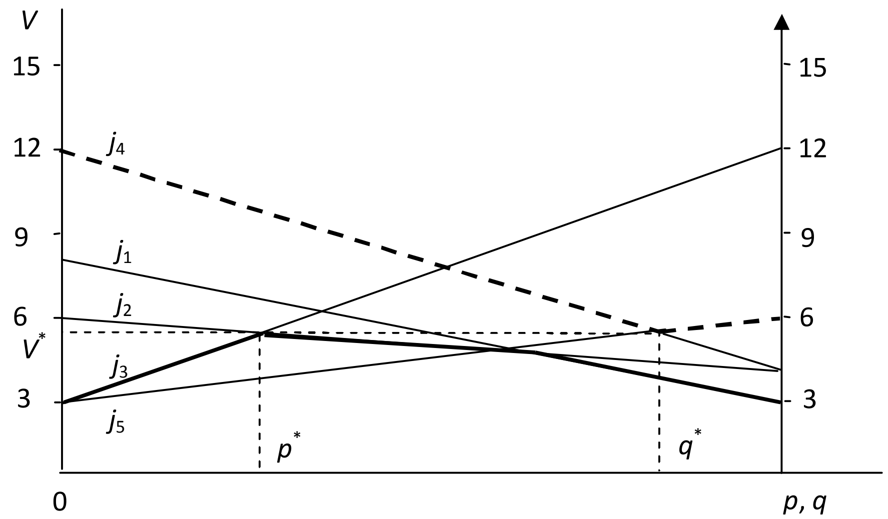


Рис. 18.1 Оптимизация выбора инновационной стратегии

На рис. 18.1 сплошной жирной линией выделен минимальный выигрыш ИФ. Легко видеть, что максимальное значение этого минимального выигрыша (максимин) определяется пересечением прямых, соответствующих j_2 и j_3 . В образовании выигрыша участвуют прямые j_2 и j_3 , а j_1 не принимает участия, так как второе пересечение соответствует меньшему значению V.

Для определения конкретного значения p^* совместно решим уравнение для j_2 и j_3:

$4p^*+6(1–p^*) = 12p^*+3(1–p^*)$,

откуда следует, что $p^* = 3/11$, так что оптимальная смешанная стратегия ИФ есть (3/11, 8/11).

Таким образом, ИФ должна поставить на рынок 3/11 объема товара в стоимостном измерении (выручки) изделиями повышенного качества, а 8/11 объема должно формироваться изделиями расширенного ассортимента. Цена выигрыша ИФ при этом составит:

$V^* = 4\cdot3/11+6(1–3/11) \approx 5{,}5$ у.д.е. или $12\square3/11+3(1–3/11) \approx 5{,}5$ у.д.е.

На рис. 1 аналогично построениям для ИФ приведены геометрические построения для ТПП в координатах V, q, при этом строились отрезки кривых j_4 и j_5 для двух оставшихся стратегий ТПП:

j_4: $4q+12(1–q)$; j_5: $6q+3(1–q)$.

Вероятность q^* (соотношение использования стратегии ТПП) определим из уравнения $4q^*+12(1–q^*) = 6q+3(1–q)$, откуда $q^* = 9/11$.

Таким образом, вероятности применения стратегии ТПП определятся как $q_1 = 0$, $q_2 = 9/11$, $q_3 = 2/11$, что трактуется следующим образом:

– не следует выводить на рынок товары-субституты; так как при выбранных ИФ стратегиях ТПП понесет большие убытки, чем 5,5 у.д.е.;

– в большей степени (9/11) в стоимостном отношении необходимо снижать цены;

– в меньшей степени (2/11) усилия (средства) должны быть направлены на неценовые мероприятия.

Минимаксная стратегия ТПП представлена жирной штриховой линией, а пересечение кривых определяет по оси абсцисс точку $q^* = 9/11$. При этом легко видеть, что максимальный проигрыш ТПП также равен $V^* \approx 5{,}5$ у.д.е.

Расчет объема финансирования рекламной кампании инновационной услуги

Задача 19

Рекламная кампания является одной из основных сил по продвижению инновационного товара на рынок. «Бизнес без рекламы, как дитя без мамы», - говорят опытные предприниматели. Актуальность исследования и моделирования рекламной кампании определяется положительным ее влиянием на бизнес:

- информирует потребителей о новых товарах и их качестве;
- расширяет рынки для новых товаров;
- обеспечивает рост поступлений выручки пропорционально объему деятельности;
- снижает степень риска и неопределенность в деятельности маркетинга;
- способствует увеличению, поддержанию и стабилизации спроса;
- наряду с ценой и качеством является определяющим фактором в борьбе с конкурентами;
- служит средством контроля за качеством изделия для потребителей, а для бизнесмена – основанием для повышения качества;
- обеспечивает стимул для потребителя к повышению уровня жизни, а, значит, и совершать покупки.

Однако рекламе присущи и некоторые отрицательные воздействия на бизнес. Она:

- расточительна;
- приводит к росту издержек и цен;
- при розненных, эпизодических рекламных компаниях недостаточно эффективна, даже при высоком ее качестве.

В связи с изложением актуальной является задача оптимизации издержек на рекламную кампанию при прогнозируемом увеличении выручки от реализации инновационного товара или услуги.

Другой актуальной задачей является оптимальное распределение бюджета рекламной кампании между видами рекламных мероприятий – источниками массовой информации. Поскольку при решении этих задач приходится сталкиваться многокритериальной оптимизацией, целесообразно использование компьютерных программных продуктов (например, электронные таблицы Excel) для работы с математической моделью рекламной кампании. В основе анализа линейкой математической модели наиболее часто используется метод линейного программирования, симплексный метод, при этом поиске оптимального решения вариации подвергается одна группа переменных.

В настоящей работе при решении оптимизационных задач вариации будем подвергать несколько групп переменных одновременно, что невозможно выполнить без привлечения компьютерных программных средств.

Актуальность моделирования любых экономико-управленческих процессов заключается в возможности по ее результатам осуществлять прогнозирование развития этих процессов, осуществить адекватное управление ими.

Математическая модель рекламы

При составлении математической модели будем исходить из следующего:

- на каждого потребителя рекламы (покупателя) в той или иной степени воздействуют все виды рекламы ($i = \overline{1,n}$)
- всех потребителей можно разделить на несколько целевых групп ($j = \overline{1,m}$), доступность которых к отдельным видам рекламы или восприимчивость к этим видам разная;
- из прошлого опыта известно (проводился опрос слушателей) под воздействием какого вида рекламы он принял решение о покупке;
- все покупатели приобретают одноименный товар, но ряд из них (студенты, военнослужащие, пенсионеры и т.д.) имеют определенную скидку в цене товара;
- из прошлого опыта продаж также известно, сколько было затрачено средств на каждый вид рекламы и сколько покупателей каждой группы сделало покупки;

Определенное количество покупателей в каждой целевой группе сделают покупку (приобретут услугу) не под воздействием какого-либо вида рекламы, а по информации от знакомых, друзей, коллег по работе и т.д., то есть «из уст в уста», будем считать, что это количество покупателей в такой же пропорции потребила все виды рекламы, как вся целевая группа, что справедливо, т.к. тот, кто им передал информацию, получил ее не на пустом информационном поле.

Примем, что коэффициент a_{ij} размеренностью руб/чел представляет собой удельные затраты на одного покупателя $j_{ой}$ группы $i_{го}$ вида рекламы; $b_i, руб.$ - общие затраты каждого вида рекламы в какой-то отдельной рекламной кампании, а c (руб.) – стоимость покупки товара (услуги).

Примем x_j - количество человек, в каждой целевой группе, сделавших покупки; k_j - льготный ценовой коэффициент на покупку для j-ой целевой группы потребителей.

С учетом сделанных допущений математическую модель рекламной кампании можно представить в следующем виде.

Целевая функция:

$$c\sum_{j=1}^{m} k_j x_j \Rightarrow \max . \qquad (1)$$

Ограничения:

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} a_{ij}x_{ij} \le b_i ; \qquad (2)$$

$$x_j \ge 0; i = \overline{1,n}; j = \overline{1,m}; \qquad (3)$$

Система уравнений (1-3) представляет традиционную математическую модель линейного программирования. Используя ее, при известном распределении средств между видами рекламных мероприятий b_i можно определить количество покупателей (пользователей услуг) в каждой целевой группе x_j.

Если же стоит более сложная задача – определить оптимальное распределение общей суммы средств V, выделенной на рекламную кампанию, с учетом обеспечения максимального количества покупателей, то вышепредставленную систему надо дополнить следующим ограничением:

$$\sum_{1}^{n} b_i \le V ; \qquad (4)$$

Теперь задача превращается в двухкритериальную оптимизацию расходов на рекламную кампанию, решить которую можно, например, методом компьютерного моделирования с помощью эл.таблиц MS Excel.

Наиболее сложным и ответственным этапом в формировании математической модели является определение числовых значений матрица коэффициентов a_{ij} уравнения (2).

$$\begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{Vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_m \end{vmatrix} \le \begin{vmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{vmatrix} \qquad (5)$$

Если проанализировать одно i - ое уравнение из системы (5):

$$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_j \le b_i,$$

то можно видеть, что оно представляет собой распределение средств (b_i) какого-либо вида рекламы между группами покупателей (x_j) через коэффициенты a_{ij}.

Очевидно, что коэффициент a_{ij} должен зависеть от степени доступности рекламы данного вида (i), степени восприимчивости ее j - ой группой покупателей и определяться числом l_j покупателей в группе j и общими затратами на рекламу i - го вида (b_i).

$$a_{ij} = Q_j \frac{b_i}{l_j} \frac{руб.}{чел.}; \qquad (6)$$

где Q_j - доля средств от расходов на i - ый вид рекламы (b_i), приходящуюся на j-ю группу покупателей, которая как раз и определяет степень воздействия данного вида (i) рекламы на j-ю целевую группу.

Оценка Q_j при отсутствии прошлого опыта производится экспертным путем, на основе тщательного анализа целевой группы, каналов распространения рекламной информации на эту группу.

Определение a_{ij} значительно упрощается в случае, если покупатели каждой из целевых групп указывают под действием какого вида рекламы они сделали покупку. Метод определения a_{ij} для конкретного случая рассмотрим на нижеприведенном примере.

Рассмотрим процесс математического моделирования рекламной кампании Центра профессиональной подготовки (ЦПП) студентов ВУЗов, специалистов города, а также иногородних специалистов.

ЦПП на рынке образовательных услуг находится 9 лет. т.е. переходные процессы становления прошли и накоплен достаточный статистический материал для использования его в целях прогнозирования эффективности рекламных кампаний.

Всю совокупность слушателей Центра можно разбить на 5 целевых групп, которые можно дифференцировать по степени восприятия ими рекламных мероприятий.

1-я группы ($j=1$) – студенты ВУЗа, при котором работает Центр профессиональной переподготовки ($С_ц$);

2-я группа ($j=2$) – студенты других ВУЗов города ($С_в$);

3-я группа ($j=3$) – молодые специалисты города ($Г_м$);

4-я группа ($j=4$) – специалисты города зрелого и старшего возрастов ($Г_з$);

5-я группа ($j=5$) – иногородние специалисты, обучающиеся с применением дистанционных образовательных технологий ($Д$);

Рекламная кампания рассчитана на год и включает в себя следующие виды рекламы:

- изготовление и распространение красочных рекламных буклетов с описанием всех предлагаемых специальностей ($i=1$);
- телевизионная реклама в виде бегущей строки ($i=2$);
- рекламная афиша на транспорте ($i=3$);
- реклама на сайте Центра ($i=4$);
- выступления в учебных аудиториях ВУЗа, при котором работает Центр ($i=5$);
- рекламная информация в печати (газеты, журналы) ($i=6$);

Из прошлогоднего опыта рекламной кампании известно:

1. Количество слушателей по категориям j, поступивших в Центр равно (l_j):

$$С_ц=80чел; \quad С_2=20чел; \quad Г_м=30чел; \quad Г_3=20чел; \quad Д=5чел.$$

2. Затраты по видам (i) рекламы следующие:

Буклеты (b_1) =40 000 руб. TVстрока (b_2) =24 000 руб. Автобус (b_3) =84 000 руб.

Сайт (b_4) =5800 руб. Выступления перед студентами (b_5) =22 000 руб. Печать (b_6) =15 000 руб.

3. При заключении договоров на обучение слушатели заполняют графу в заявлении «из какого информационного источника Вы узнали о наших образовательных услугах», что позволило составить табл.19.1.

Таблица 19.1. Распределение слушателей в каждой целевой группе (l_j) по видам рекламного воздействия на них.

$i =$	Вид рекламы	$l_j(чел)$						
		$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	Затраты (руб.) b_i	$\sum_{j=1}^{5} l_{ij}(чел.)$
1	Буклеты	56	11	7	2	2	40 000	78
2	TV-строка	2	2	10	13	1	24 000	28
3	Автобусы	2	2	3	2	0	84 000	9
4	Сайт	2	2	5	1	2	5 800	12
5	Выступления	16	1	1	0	0	22 000	18
6	Печать	2	2	2	2	0	15 000	8

Считаем, что затраты на i - ый вид рекламы равномерно распределены на всю сумму слушателей ($\sum_{j=1}^{m} l_{ij}$) в i-ой строке, тогда удельные затраты ($З_{ij}$) на слушателей j-ой группы для i-го вида рекламы будут равны:

$$З_{ij} = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^{m} l_{ij}} l_{ij},$$

где: l_{ij}=количество слушателей в j-ой группе, воспользовавшихся i-ым видом рекламы (табл.1).

С учетом изложенного:

$$a_{ij} = \frac{З_{ij}}{l_j} = \frac{b_i l_{ij}}{l_j \sum_{j=1}^{m} l_{ij}}, \qquad (7)$$

где: l_j-общее количество слушателей в j-ой группе, $\sum_{j=1}^{m} l_{ij}$ - количество слушателей в i-ой строке, l_{ij} - количество слушателей на пересечении i-ой строки и j-ого столбца.

Из формул (6) и (7) следует, что

$$Q_j = \frac{l_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} l_{ij}}.$$

Расчетные значения a_{ij} по формуле (7) для всех j-групп и i-видов рекламы приведены в табл.19.2.

Таблица 19.2. Расчетные значения коэффициентов матрицы (a_{ij}).

j / i	1	2	3	4	5
1	$a_{11} = 359$	$a_{12} = 282$	$a_{13} = 119{,}7$	$a_{14} = 51{,}3$	$a_{15} = 205$
2	$a_{21} = 21{,}4$	$a_{22} = 85{,}7$	$a_{23} = 285{,}6$	$a_{24} = 557$	$a_{25} = 171{,}4$
3	$a_{31} = 233$	$a_{32} = 933{,}3$	$a_{33} = 933{,}3$	$a_{34} = 933{,}3$	$a_{35} = 0$
4	$a_{41} = 12{,}8$	$a_{42} = 48{,}3$	$a_{43} = 80{,}55$	$a_{44} = 24{,}15$	$a_{45} = 193{,}3$
5	$a_{51} = 244{,}4$	$a_{52} = 61{,}1$	$a_{53} = 40{,}7$	$a_{54} = 0$	$a_{55} = 0$
6	$a_{61} = 46{,}9$	$a_{62} = 187{,}5$	$a_{63} = 125$	$a_{64} = 187{,}5$	$a_{65} = 0$

Для проверки правильности расчетов коэффициентов (a_{ij}), подставим их значения в математическую модель ($1 \div 3$) при известных значениях b_i (табл.1); при $k_1 = k_2 = 0{,}9$; С=40 000 руб. и найдем максимальные значения $x_1 \div x_5$.

Расчет на компьютере в MS Excel показал, что: $x_1 = 81 чел(C_ц)$; $x_2 = 20 чел.(C_в)$; $x_3 = 25 чел.(Г_м)$; $x_4 = 22 чел.(Г_3)$; и $x_5 = 7 чел(Д)$, т.е. оптимальное значение слушателей по каждой категории вполне сопоставимо с экспериментальными данными.

Максимальная выручка от профессиональной переподготовки всех категорий слушателей при цене за одного слушателя, равной 40 000 руб., и 10%-ной скидке для студентов всех ВУЗов составляет 5 760 000 руб. при этом расходы на рекламную кампанию по отношению к выручке составляют 3,2 %.

Интересно рассчитать эффективность ($Эф$) каждого вида (i) рекламы, как отношение прибыли от рекламы к затратам на нее (b_i) по формуле:

$$Эф_i = \frac{c\sum l_{ij}}{b_i};$$

Проведя необходимые расчеты получим:

$Эф_1 = \frac{40000 \cdot 78}{40000} = 78$, т.е. при затрате в 1 рубль, на буклеты получаем 78 руб. выручки, аналогично:

$Эф_2 = 46{,}6$; $Эф_3 = 4{,}3$; $Эф_4 = 82{,}75$; $Эф_5 = 32{,}7$; $Эф_6 = 21{,}3$.

Таким образом, наиболее эффективным видом рекламы является Интернет-реклама, затем реклама через буклеты и т.д. Наименее эффективной является реклама на транспорте.

Коэффициенты a_{ij} - справедливы лишь для рекламной кампании предыдущего периода (года) и могут с какой-то степенью достоверности позволить прогнозировать результаты последующей рекламной кампании, по результатам которой необходимо вновь корректировать значения коэффициентов по предложенной методике.

Колебания коэффициентов a_{ij} обуславливаются изменением предпочтения слушателей, изменением интенсивности рекламных мероприятий, ее доступности, степенью охвата потенциальных слушателей, изменением образовательных программ, покупательной способностью населения, действием конкурентов, качеством образовательных услуг и их стоимостью.

Рассмотрим оптимальный способ перераспределения бюджета (V) рекламной кампании с целью максимизации прибыли.

Введем дополнительное ограничение:

$V = b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5$, для нашего случая (табл.1) V =190 800.

Примем для расчета новый бюджет рекламы $V_p = 300000$ и найдем оптимальное распределение его между рекламными носителями.

Решение системы $(1 \div 4)$ проводим на максимизацию выручки, но при этом определяем оптимальное распределение бюджета между носителями рекламы и соответствующее ему ожидаемое оптимальное распределение слушателей. Это достигается тем, что при решении в Excel варьируемыми параметрами одновременно являются и количество слушателей x_i и затраты по видам рекламных носителей b_i (двухкритериальная оптимизация):

$$b_{1p} \approx 78000; \quad b_{2p} \approx 57100; \quad b_{3p} \approx 85000; \quad b_{4p} \approx 44500; \quad b_{5p} \approx 20000; \quad b_{6p} \approx 15000.$$

При этом расчетное количество слушателей по целевым группам:

$$l_1 = 70\text{чел.}; \quad l_2 = 22\text{чел.}; \quad l_3 = 37\text{чел.}; \quad l_4 = 15\text{чел.}; \quad l_5 = 203\text{чел.}$$

Выручка составит 13 508 000 руб.

Таким образом, расчеты показывают, что при полутократном увеличении рекламного бюджета целесообразно увеличить расходы на рекламу через буклеты – в два раза, через TVстроку – в два с половиной раза, через сайт – в восемь раз для существенного (в сорок раз) увеличения слушателей – дистантников; при этом выручка увеличится более чем в три раза а рекламные расходы по отношению к выручке составят 2%.

Рост рекламного бюджета будет сопровождаться ростом выручки до тех пор, пока мы не приблизимся к предельному объему рынка образовательных услуг вместе с конкурентами.

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

1. Расходы на транспортную рекламу следует исключить и перераспределить ее затраты между другими видами рекламы;
2. Интернет-рекламу необходимо максимально расширить; В ЦПП организовать подразделение по работе с иногородними слушателями;
3. Необходимо расширять каналы воздействия рекламных мероприятий на все категории слушателей;
4. Увеличить расходы на рекламную кампанию в связи с непропорционально большим увеличением выручки.

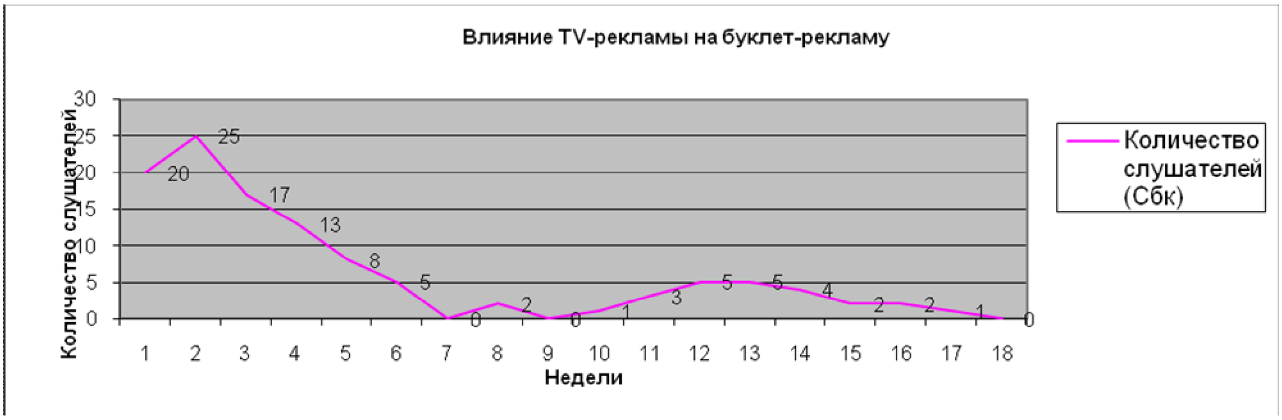
Системный анализ рекламной кампании

Если к анализу рекламной кампании подходить с позиции системного анализа и рассматривать отдельные рекламные мероприятия, как элементы системы, то можно установить характерные для системы новые причинно-следственные связи, такие, как корреляционная связь между собой всех рекламных мероприятий, синергетический и эмерджностный эффекты.

Опыт проведения рекламных кампаний показывает, что одновременное, или с небольшим временным интервалом, проведение нескольких рекламных мероприятий, посвященных одному рекламируемому продукту (услуги) взаимно усиливают рекламный эффект от отдельных мероприятий (синергетический эффект).

Это легко проследить на рис. 19.1

а)



б)

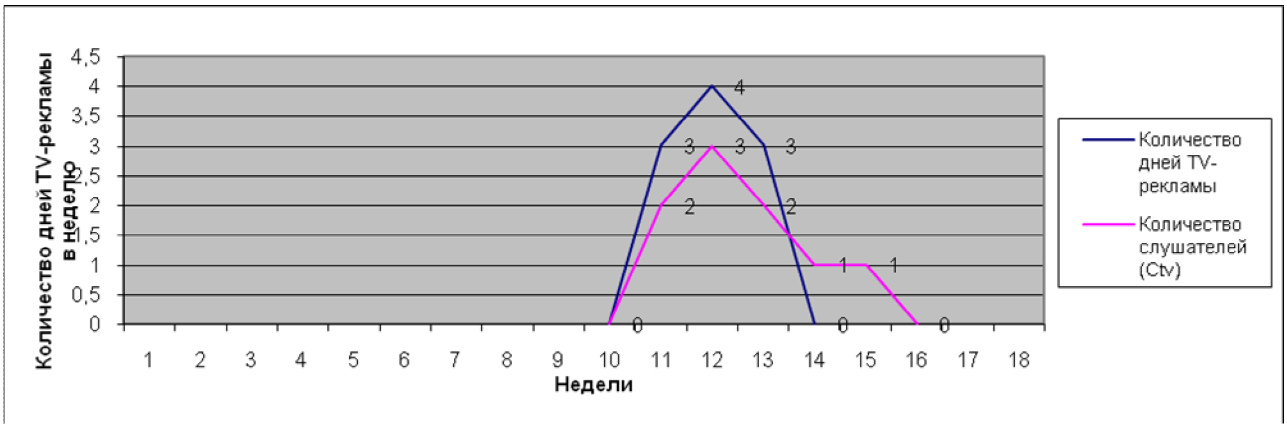


Рис. 19.1 – Влияние TV- рекламы на буклет-рекламу

На рис 19.1а) представлена динамика поступления слушателей, которые указывают в качестве основного рекламного источника на них воздействие буклетов ($C_{бк}$). На рис. 19.1.б) представлен график выхода TV-рекламы – количество дней в текущую неделю; количество поступивших слушателей, которые указывают в качестве основного на них воздействия TV-рекламу (C_{TV}).

Из рис. 19.1а) видно, что начиная с третьей недели намечается спад поступления слушателей ($C_{бк}$), а с седьмой недели среднее число $C_{бк}$, поступающих в неделю равно 1 чел. При этом остается определенное количество таких слушателей, которые еще не определились, сомневающиеся, откладывающие поступление на более поздний срок, не убедившие родителей и т.д. Выход рекламы на TV на 11 неделе для таких слушателей действует как решительный довод в пользу поступления, как «спусковой крючок» и в течение с 11 по 14 неделю намечается прирост числа поступающих $C_{бк}$. Конечно, это явление можно трактовать и как случайное, вызванное, например, ослаблением действия конкурентов. Чтобы убедиться в реальном воздействии TV-рекламы на прирост слушателей $C_{бк}$, необходимо определить коэффициент корреляции между динамикой прироста слушателей $C_{бк}$ и динамикой TV- рекламы.

Анализ двух динамических последовательностей будем проводить с 8-ой по 18-ю недели, т.е. до начала переходного процесса и после его окончания до появления стационарного процесса (табл.19.3).

Таблица 19.3.

Динамика поступления $C_{бк}$ интенсивности TV-рекламы

$C_{бк}$	2	0	1	3	5	5	4	2	2	1	0	x
C_{TV}	0	0	0	3	4	3	0	0	0	0	0	y
Недели	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	n

Расчет коэффициента корреляции проведем по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}] \cdot [\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}]}},$$

где: в нашем случае x - элементы массива $C_{бк}$; y - элементы массива C_{TV}; n – объем выборки, равный 11 недель.

Необходимо установить: насколько значимо отличается этот коэффициент от нуля. Для этого необходимо рассчитать ошибку (δ_r) коэффициента корреляции по формуле:

$$\delta_r = \sqrt{\frac{i - r_{xy}{}^2}{n-2}};$$

Затем с помощью рассчитанной ошибки находим значение критерия Стъюдента $t_{пр} - (проверочное)$ для разности между нулем и r_{xy}.

$$t_{пр} = \frac{r_{xy}}{\delta_r};$$

Для решения вопроса о существенности отличия коэффициента корреляции от нуля необходимо сравнить $t_{пр}$ с критическим $t_{кр}$, которое определяется по таблицам для функции Стьюдента при степени свободы $n-2$ и уровня значимости 1%.

Для нашего случая:

$$r_{xy} = 0{,}751; \quad \delta_r = 0{,}22; \quad t_{пр} = 3{,}41; \quad t_{кр} = 3{,}25.$$

Поскольку $t_{пр} > t_{кр}$ делаем вывод, что с ошибкой не более 1 % коэффициент корреляции существенно отличается от нуля, что свидетельствует о достаточно сильной статистической связи между фактом выхода телевизионной рекламы и увеличением слушателей, связывающих свой приход с рекламой в буклетах.

Синергетический эффект в нашем конкретном случае легко рассчитать на основе рисунка.

Если два рекламных мероприятия буклеты и TV действовали вне системы (например, буклеты использовали в одном городе, а TV-рекламу в другой), то суммарное количество слушателей можно подсчитать с 8 по 18–ю недели по формуле:

$$C_{общ1} = C_{бк} + C_{TV1};$$

$C_{бк1} = C_{бк_{ср}} \cdot n = 1 \cdot 11 = 11 чел.$ (1 человек в неделю);

$C_{TV1} = 2 + 3 + 2 + 1 + 1 = 9$;

$C_{общ1} = 20 чел.$;

при действии рекламы в одном городе (в одной системе):

$C_{бк2} = 2 + 0 + 1 + 3 + 5 + 5 + 4 + 2 + 2 + 1 + 0 = 25 чел.$;

$C_{TV2} = 2 + 3 + 2 + 1 + 1 + 9 + 0 = 9;$

$C_{общ2} = 25 + 9 = 34 чел.$;

Таким образом, синергетический эффект проявился через дополнительный прием слушателей в количестве 14 чел., при этом коэффициент синергии можно рассчитать:

$$K_c = \frac{C_{общ2} - C_{общ1}}{C_{общ1}} = \frac{14}{20} = 70\%.$$

Коэффициент синергии будет существенным образом определяться моментом времени выхода телевизионной рекламы, так при выходе ее в первые недели действия рекламы через буклеты коэффициент синергии будет существенно ниже.

Ранее уже отмечалось, что разрозненные бессистемные мероприятия малоэффективны. Подчинение же этих мероприятий общей маркетинговой стратегии позволяет не только, как мы убедились, повысить экономическую эффективность, но и обеспечить новое дополнительное свойство рекламной кампании. Это свойство заключается в существенном повышении рыночного барьера для новых конкурентов – в нашем случае фирм на рынке образовательных услуг. Именно в этом проявляется эмерджностный эффект рекламной кампании, включенной в систему маркетингового процесса продвижения товара (услуги) на рынок.

На основе полученных результатов по анализу рекламной кампании можно сделать следующие выводы:

- математическое моделирование рекламных мероприятий позволяет проводить с достаточной степенью достоверности прогнозирование экономической эффективности рекламных кампаний, распределение рекламного бюджета, получить практические рекомендации по корректировке элементов модели с учетом полученных результатов;

- дальнейшее повышение эффективности рекламных мероприятий должно достигаться увеличением их доступности целевой группой потребителей, степенью их охвата, что находит отражение в коэффициентах a_{ij}, рассчитываемых по представленным соотношениям;
- Для превращения исследованной математической модели в практический инструмент управления рекламной кампанией необходимо постоянное скрупулезное исследование целевых групп потребителей, влияние на них отдельных видов рекламных мероприятий;
- эффективность использования новых видов рекламных мероприятий, влияние их на эффективность традиционных мероприятий может быть оценена с учетом системного анализа через коэффициенты корреляции и синергии по предложенной методике.

Литература:

1. Ромат Е.В. Реклама – СПб.: Питер. 2004.-176с.: ил.(Серия «Краткий курс»).
2. Бобылева М.П. Рекламный менеджмент: основы профессиональной деятельности.-М.: ООО «Журнал «Управление персоналом» 2004. – 240с.
3. Реклама в бизнесе. Учеб. пособие/ Сост. Т.К. Серегина, Л.М. Титкова/ Под ред. общ. реф. д-ра экон.наук Л.П.Дашкова. – М.:Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1996г.
4. Семиглазов В.А. Оптимизация расходов на рекламную кампанию // Маркетинг. – 2007. – № 1. с. 63-70.

Компьютерное моделирование в управлении проектом

Задача 20

Управление проектом – актуальное направление в инновационном менеджменте. Формализованные и оптимальные методы управления проектов позволяют своевременно выводить новые товары на рынок, упреждать действия конкурентов, завоевывать новые товарные ниши.

Одним из наиболее распространенных и действенных методов структуризации проекта, используемых для планирования, составления расписания и мониторинга хода выполнения проекта, - это построение сетевых графиков. Сетевой план проекта разрабатывается на основе информации, собранной для структуризации работ и представляет графическую схему последовательности планов работ по проекту. Сетевой график несет в себе важную информацию, раскрывая внутренние связи проекта, служит основой для календарного планирования работ и использования оборудования, облегчает взаимодействие всех менеджеров и исполнителей в процессе достижения установленных целей.

Целью настоящей работы является разработка математической модели сетевого графика, позволяющей не только проводить анализ параметров графика – сроки выполнения каждого из событий, резервы времени выполнения отдельных работ, определение критического пути, но и целенаправленное изменение параметров сетевого графика с целью снижения продолжительности критического пути, т.е. с целью сокращения сроков выполнения проекта. Поставленная задача решается посредством применения компьютерного моделирования с помощью программы Excel.

Задача 21

Определение параметров сетевого графика

Напомним вначале некоторые моменты построения сетей. Сетевой график (сеть) состоит из дуг и узлов (вершин). Дуге соответствует выполняемая работа (обозначается стрелкой); вершине – событие, т.е. состояние перед и после работы, т.е. завершенный раздел проекта (обозначается кружком).

Исходные данные, необходимые для составления сети, представляют в форме таблицы, которая включает последовательность работ и продолжительность выполнения каждой работы.

По исходным данным таблицы строится сетевой график рис.1, на котором числа над дугами показывают продолжительность каждой работы. События будем обозначать порядковыми номерами T_i. Два события отметим особо: начальное – состояние, с которого начинается весь комплекс работ; конечное – состояние, которым завершается комплекс работ.

Работу будем обозначать двумя индексами i и j, где i - номер события, после которого начинается работа, j - номер события, которым заканчивается работа.

Путь наибольшей продолжительности от T_1 до T_n называется критическим. Увеличение продолжительности работ критического пути приводит к более позднему наступлению конечного события.

Работы, не лежащие на критическом пути, могут быть позже начаты или позже окончены, или иметь большую продолжительность без изменения срока окончания всех работ.

Величину, на которую можно увеличить продолжительность выполнения такой работы без увеличения времени наступления конечного события, называют резервом.

Необходимо знать и особо контролировать работы критического пути.

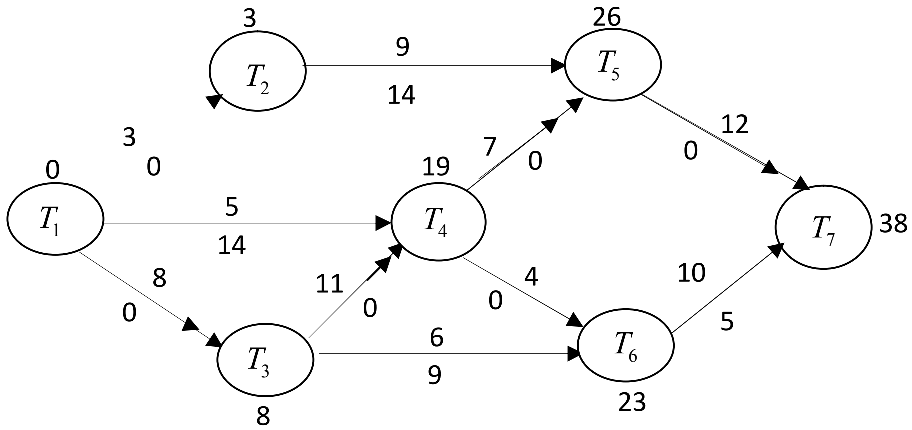


Рис.21.1 Сетевой график выполнения конкретного проекта (пример).

Каждое событие T_i - характеризуется временем (сутки, месяцы, годы), в которые оно завершиться так:

T_1=0; $T_2 = T_1 + t_{12}$, а $T_3 = T_1 + t_{13}$.

$T_6 = T_3 + t_{36}$=8+6=14, но также $T_6 = T_3 + t_{34} + t_{46}$=8+11+4=23.

В этом случае выбирается большее время, равное 23, и это значит, что в работе t_{36} появился резерв

$\Delta_{36} = 23 - 14 = 9$,

величину резерва обозначим цифрой под стрелкой от T_3 к T_6 и т.д.

Разницу во времени свершения событий T_3 и T_6 можно представить следующим образом.

$T_6 - T_3 = t_{36} + \Delta_{36}$ или в общем виде для всего сетевого графика:

$$T_j - T_i - \Delta_{ij} = t_{ij} \tag{1}$$

Если мы хотим минимизировать время выполнения всего проекта, то в качестве целевой функции необходимо принять:

$$T_n \Rightarrow \min , \tag{2}$$

где n - количество событий (в нашем примере $n = 7$)

Таким образом, с учетом (1) и (2) математическую модель сетевого графика представим следующим образом.

Целевая функция:

$$T_n \Rightarrow \min . \tag{2}$$

Ограничения:

$$\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=2}^{n}(T_j - T_i - \Delta_{12}) = t_{ij}\ , \qquad (3)$$

$$T_1 = 0\,; \qquad (4)$$

Для наглядности распишем систему уравнений (3)

$$\begin{gathered} T_2 - T_1 - \Delta_{12} = t_{12} \\ T_3 - T_1 - \Delta_{13} = t_{13} \\ \dots \\ T_6 - T_3 - \Delta_{63} = t_{13} \\ T_6 - T_4 - \Delta_{64} = t_{46} \\ \dots \\ T_7 - T_6 - \Delta_{67} = t_{67} \end{gathered}$$

Для решения представленной математической модели (2 - 4) необходимо на листе Excel выделить ячейки под массивы:

1) $T_1 \div T_n$; 2) $\Delta_{12} \div \Delta_{n,n-1}$; 3) $T_j - T_i - \Delta_{ij}$; 4) t_{ij}. и выделить ячейку для целевой функции: $= T_n$.

Далее необходимо вызвать окно «Поиск решения», указать в качестве изменяемых ячеек массивы 1 и 2; в ограничениях указать каждую ячейку массива 3 и приравнять ее к соответствующей ячейке массива 4; установить номер целевой ячейки и указать «минимальное значение».

Так как рассматриваемая нами задачи относится к задаче линейного программирования, начальные значения для T_i и Δ_{ij} устанавливать не обязательно.

Для нашего конкретного примера на рис. 8 указаны рассчитанные резервы (под стрелками); двойной стрелкой указан критический путь, а около вершин указаны сроки выполнения каждого из событий. Необходимо обратить внимание на траектории прохождения критического пути: для него всегда резервы равны нулю, но это не значит, что под стрелками, не принадлежащих к кратчайшему пути не может быть нулевых резервов.

Поскольку T_7 равно 38 единиц времени это и есть общая продолжительность критического пути.

Задача 22

Математическая модель для заданной длительности критического пути

При управлении инновационным проектом может быть поставлена задача следующим образом: максимальное время выполнения проекта не должно превышать определенной величины. Это значит, что необходимо сокращать продолжительность критического пути. Сокращение может быть проведено за счет увеличения факторов производства – трудовых, финансовых, производственных, материальных и информационных. Наиболее простой способ – увеличить на каких-то работах количество исполнителей, сменность работ или мотивацию. При этом может оказаться, что продолжительность некоторых работ не может быть сокращена за счет увеличения этих факторов, например, творческая работа, требующая высокого уровня квалификации, или поставка материалов и оборудования зависит от работы контрагентов, партнеров, на которых сложно повлиять. Это значит, что при оптимизации сетевого графика продолжительностью таких работ нельзя варьировать и в области ограничений они остаются без изменений. По другим видам работ в математической модели необходимо предусмотреть диапазон изменения времени их исполнения.

С учетом вышеизложенного математическую модель управления проектом под директивные сроки можно представить в следующем виде:

Целевая функция прежняя:

$$T_n \Rightarrow \min;$$

Ограничения:

$$\left.\begin{aligned}\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=2}^{n}(T_j - T_i - \Delta_{ij}) \ge t_{\min ij}\\ \sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=2}^{n}(T_j - T_i - \Delta_{ij}) \le t_{\max ij}\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

$$\left.\begin{aligned}&T_k - T_{k-1} - \Delta_{k,k-1} = t_{k,k-1}\\ &T_l - T_{l-1} - \Delta_{l,l-1} = t_{l,l-1}\\ &i = (1,2,..k..l...n-1)\\ &j = (2,..k..l...n)\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

$$T_0 = 0. \quad (7)$$

Ограничение (5) указывает, что длительность каких-то из работ ($i-j$) может находиться в пределах $t_{\max_{ij}} \div t_{\max_{ij}}$.

Ограничение (6) означает, что работы $k \div k-1$ и $l \div l-1$ не могут быть изменены по длительности.

В отличии от предыдущей задачи мы должны в качестве изменяемых ячеек в окне «Поиск Решения» добавить массив 4 для t_{ij}, расширить ограничения в соответствии с (5) и (6).

Суть компьютерного моделирования заключается в том, что подбирая для каждой работы $t_{\min}$ и $t_{\max}$ мы добиваемся, чтобы T_n было меньше или равно директивному времени выполнения проекта.

Таблица22

N	$T_{крит}$=38		$T_{крит}$=32		$T_{крит}$=24		$T_{крит}$=20	
	t_{ij}	Δ_{ij}	t_{ij}	Δ_{ij}	t_{ij}	Δ_{ij}	t_{ij}	Δ_{ij}
1-2	3	0	8	8	6	6	3	0
1-3	8	0	8	0	6	0	4	0
1-4	5	14	8	8	6	6	7	0
2-5	9	14	8	0	6	0	7	0
4-5	7	0	8	0	6	0	3	0
4-6	4	0	8	0	6	0	7	0
3-6	6	9	10	6	10	2	3	7
6-7	10	5	8	0	6	0	6	0
5-7	12	0	8	0	6	0	3	7
3-4	11	0	8	0	6	0	3	0

$t_{\min}$ $t_{\max}$	Исходное (рис.1)	$t_{\min}=8, t_{\max}=10$	$t_{\min}=6, t_{\max}=60$	$t_{\min}=3, t_{\max}=7$

В качестве упрощенного примера рассмотрим решения графа (рис.22.1) для различных значений $t_{\min}$ и $t_{\max}$ равных для всех работ диапазона их длительности работ. Из таблицы видно, что при применении граничных значений t_{ij} критический путь можно изменить от 38 до 20 условных единиц времени, при этом может измениться и состав критического пути.

На рис.9 приведен рассчитанный граф с измененными длительностями работ только на критическом пути, обеспечивающий директивную длительность выполнения работ за время 28 условных единиц времени.

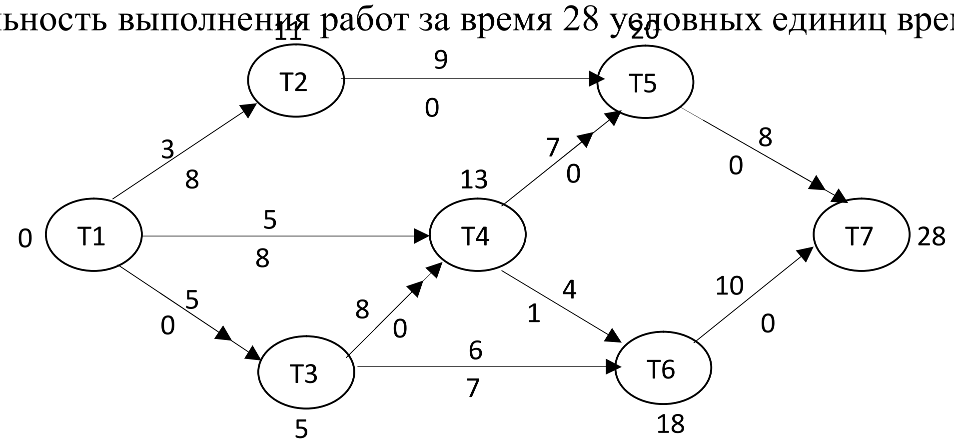


Рис. 22.1 Сетевой граф с сокращенным временем критического пути

Задача 23

Расчет трудозатрат на выполнение проекта

До сих пор мы вели анализ сетевого графика в условных временных единицах. На практике же под этим могут пониматься человекодни, бригадодни, бригадомесяцы, человекокварталы и т.д.

Для определенности будем считать продолжительность работ t_{ij} в бригадоднях; при этом примем, что все бригады укомплектованы одинаковой численностью персонала, каждый член бригады может выполнять все работы по проекту.

Проект считается выполненным тогда, когда выполнены все события T_i, следовательно весь объем трудозатрат (T_3): $T_з = \sum_{i.j=1}^{n} t_{ij}$;

Полагаем, что одна бригада занята выполнением работ по критическому пути без отвлечения на другие работы, т.к. на критическом пути все $\Delta_{ij} = 0$.

На дополнительные бригады оставшиеся трудозатраты составляют (T_{30}):

$$T_{30} = T_3 - T_{кр.п.},$$

где $T_{кр.п.}$ - трудозатраты критического пути.

Количество дополнительных бригад (K) подсчитывается как:

$$K = \sum nt(\frac{T_{30}}{T_{кр.п.}}),$$

где $\sum nt$ - округление до ближайшего большего целого цисла.

Резервные трудозатраты дополнительных бригад составит

$T_p = K \cdot T_{кр.п.} - T_{30}$.

Для анализируемого нами рис.1 в бригадоднях: $T_{30} = 75$; $T_{кр.п.} = 38$; $T_{30} = 37$; $K = 1$; $T_P = 1$.

Для рис. 2: $T_3 = 65$; $T_{кр.п.} = 28$; $T_{30} = 37$; $K = 2$; $T_P = 19$; при $K = 1{,}5$; $T_P = 1$.

Из анализа следует очевидный вывод: если необходимо ускорить выполнение проекта, то следует увеличить количество бригад.

Определение минимально необходимого количества бригад позволяет рационально использовать резервы времени выполнения отдельных работ, оптимизировать финансовые затраты на выполнение проекта в целом.

Оценка вероятности выполнения проекта в директивные сроки

До сих пор мы предполагали, что время выполнения работы T_{ij} - величина детерминированная. Такое предположение в действительности выполняется редко.

Участники проекта могут лишь назвать оптимистическую оценку длительности конкретной работы t_{ij_0} и пессимистическую оценку t_{ij_n}. Средняя продолжительность работы (математическое ожидание) $\overline{t_{ij_n}}$ при этом определяется следующим образом [1].

$$\overline{t_{ij}} = \frac{2t_{ij_0} + 3t_{ij_n}}{5},$$

Именно эта величина должна фигурировать в сетевых графиках, где продолжительность работ принимается стохастической величиной.

Общая продолжительность работ по критическому пути $\bar{t}\ (L)$ равна:

$$\bar{t}\ (L) = \sum_{ij} \bar{t}_{ij}\ ,$$

Общая дисперсия $\delta^2_{кр}\ (L)$ критического пути также определяется суммой частных дисперсий по каждой из работ δ^2_{ij}:

$$\delta^2_{кр}\ (L) = \sum_{ij} \delta^2_{ij}\ ,$$

$$\text{где } \delta^2_{ij} = (\frac{t_{ij_n} - t_{ij_0}}{6})^2$$

Полагая $t_{кр}$ - случайной величиной, имеющий нормальный закон распределения, можем оценить вероятность выполнения проекта в директивные сроки $T_{дир}$

$$P(t_{кр} \le T_{дир}) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\phi(\frac{T_{дир} - \bar{t}_{кр}}{\delta_{кр}}), \tag{8}$$

где $\phi(Z)$ - значение интеграла вероятностей Лапласа

В процессе выполнения проекта руководителю проекта становятся известны конкретные длительности работ каждого этапа критического пути, которые могут быть или меньше или больше длительности t_{ij} для соответствующего этапа. Это позволяет руководителю после завершения каждого этапа или суммы этапов уточнять вероятность выполнения проекта в директивные сроки и, если необходимо, вносить коррективы в используемые ресурсы проекта для выполнения проекта в заданные директивные сроки с установленной (договорной) вероятностью.

Для этого в формулу (8) вводятся известные длительности ранее выполненных работ и рассчитывается уточненная вероятность P_y:

$$P_y = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\phi\left(\frac{T_{дир} - \overline{t_{кр_в}} - \sum t_{ij_в}}{\delta_{кр_в}}\right)$$

где: $\sum t_{ij_в}$ - сумма времени выполненных работ,

$\bar{t}_{кр_в};\delta_{кр_в}$ - длительность критического пути и его среднеквадратичное отклонение без учета выполненных работ.

Компьютерное моделирование с использованием пакета MS Excel позволяет откорректировать срок выполнения проекта в соответствии с директивными сроками, оперативно вносить коррективы в используемые ресурсы, оценивать текущую вероятность выполнения проекта в заданные сроки.

Список использованной литературы

1. Исследование операций в экономике : Учебн. пособие для вузов / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин, М. Н. Фридман; Под ред. проф. Н. Ш. Кремера, - М. : ЮНИТИ, 2001. – 407 с.
2. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента. 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2005. – 528 с. (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Управление проектами: учебник / Л. Г. Матвеева [и др.] – Ростов Н/Д : Феникс, 2009. – 422, [1] с. : ил.. – (Высшее образование).
4. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. СПб. : BHV – Санкт-Петербург, 1997г.