

Н. И. Юсупова, Е. В. Бабкова, Н. В. Габдракипова

## УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ОДНОРОДНЫХ РЕСУРСОВ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассматривается процесс управления средствами сложной системы, предложены рекомендации по определению оптимальных параметров инвестиционного финансирования – величины чистого дисконтированного дохода (NPV) для повышения эффективности управления объектом. *Сложная система; управление инвестиционным финансированием; чистый дисконтированный доход*

### ВВЕДЕНИЕ

Рассматривается развивающийся сложный объект, предоставляющий телекоммуникационные услуги на рынке региона. Успех деятельности в этой отрасли невозможен без наличия современных высокотехнологичных сетей передачи данных, поэтому осуществляется строительство широкополосной многофункциональной сети Интернет. Строительство сети требует больших по величине и продолжительных инвестиционных вложений, отдача от которых появляется только через несколько лет после начала реализации проекта. Возникает задача определения оптимальных параметров финансирования инвестиций.

Наиболее серьезными недостатками организационной структуры изучаемого объекта являются неоправданно большой объем согласований, перекладывание ответственности на смежные структуры или вышестоящие уровни управления, а также слабая организация планирования и учета использования трудовых ресурсов, что отражено в линейно-функциональной организационной структуре. Устранение этих недостатков возможно при переходе к матричной модели организационной структуры и внедрении методов проектного управления. Это приведет к сокращению количества передач управления и ответственности между функциональными подразделениями за счет максимального сосредоточения функций этого процесса «в одних руках» – в руках проектной группы.

При внедрении проектного управления потребуется создание новых постоянных структурных единиц в штатном расписании компа-

нии, таких как проектный офис или служба управления проектами. Этим службам должны быть делегированы функции управления портфелем проектов, и в частности планирование ресурсов в масштабах компании в целом.

Две главные роли этих служб – ресурсный менеджер и менеджер проекта. Введение этих ролей позволяет снять с руководителя подразделения часть задач (и ответственности), тем самым освободить его для управления решением профильных задач подразделения.

В статье рассматривается определение оптимальной величины чистого дисконтированного дохода (NPV) по инвестиционному проекту на объекте и определение факторов, обеспечивающих это оптимальное значение. Для комплексного анализа системы инвестиционного финансирования объекта предлагается использовать метод имитационного моделирования, который позволяет путем проведения экспериментов спрогнозировать различные варианты развития событий, учесть риски и сгладить недостаточность информации для принятия решений.

### 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В системе инвестиционного финансирования коммерческого объекта применяется модель потоков платежей, связанных с планируемым инвестиционным проектом.

Выбор модели определяется характером денежных потоков (направлением, величиной и регулярностью), требуемой точностью, а также продолжительностью планового периода. Непрерывные потоки платежей можно свести к дискретным путем интегрирования. В дальнейшем рассматриваются только дискретные потоки платежей.

В модели дискретного потока платежей учитываются все разнонаправленные денежные потоки, совершенные (планируемые) на объекте за один временной интервал. Находится результирующий денежный платеж путем суммирования потоков, причем входящие потоки (притоки денежных средств) берутся со знаком плюс, а исходящие потоки (оттоки денежных средств) – со знаком минус. Считается, что результирующий платеж происходит в верхней границе рассматриваемого временного интервала. В качестве метода оценки экономической эффективности инвестиционных проектов выбрана методика, в основе которой лежит поток платежей: критерий NPV (netto present value) – чистая современная стоимость денежного потока [1, 4]:

$$NPV_{\pi}(\bar{t}, \bar{C}, \bar{Z}) = C(0) + \sum_{s=1}^n C(t_s)Z(t_s),$$

где  $\pi$  – обозначение рассматриваемого инвестиционного проекта;  $\bar{t} = \{0, t_1, \dots, t_n\}$  – моменты времени, в которые происходят транзакции результирующего потока;  $\bar{C} = \{C(0), C(t_1), \dots, C(t_n)\}$  – вектор результирующего потока;  $Z(t_s) = 1 - d(t_s)$  – коэффициент дисконтирования, который в общем случае зависит от момента времени  $t_s$ ,  $s = 1-n$ ;  $d(t_s)$  – дисконт;  $n$  – количество исследуемых временных интервалов.

Из всех возможных вариантов реализации инвестиционного проекта следует отдать предпочтение тому, который обеспечивает максимальное значение величины NPV.

## 2. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА

Для реализации имитационной модели выбрана среда GPSS (General Purpose Simulation System – система имитационного моделирования общего назначения) версия World [6]. Имитационная модель является реализацией в системе GPSS World концептуальной модели, дополненной процедурой вычисления целевой функции по собранным в ходе моделирования статистическим данным о денежных потоках.

Входными параметрами имитационной модели являются те входные параметры блоков и процедуры, которые можно варьировать в ходе исследования: цена одного мегабайта трафика; оплата вышестоящим провайдером за один мегабайт трафика; цена подключения к услуге Интернет; затраты на подключение одного абонента к услуге Интернет; среднее количество потребляемого одним абонентом трафика за ме-

сяц; абонентская плата за пользование услугой Интернет; цена подключения к услуге кабельное телевидение; затраты на подключение к услуге кабельное телевидение; абонентская плата за пользование услугой кабельное телевидение; процентная ставка по инвестиционному кредиту; средний прогнозный темп инфляции с настоящего времени до окончания планового периода; номер месяца, в котором начинается возврат инвестиционного кредита; продолжительность периода возврата кредита; интенсивность маркетинговой политики по услуге Интернет; интенсивность маркетинговой политики по услуге кабельного телевидения и прочие.

Блок-схема имитационной модели приведена на рис. 1. В результате имитации получено значение целевой функции 172,578 единиц (чистая стоимость проекта, т. е. величина затрат по проекту), что равно величине критерия NPV [2, 3] по инвестиционному проекту при существующих значениях факторов. Это значение используется в дальнейшем для сравнения с затратами по другим моделям.

Проверка адекватности имитационной модели проведена с использованием потока прибыли, полученного в результате моделирования. Сравним его с временным рядом, состоящим из реальных данных (от начала периода до настоящего момента) и плановых данных (согласно бизнес-плану) с настоящего момента до окончания рассматриваемого периода (см. рис. 2).

Экспоненциальное сглаживание каждого временного ряда проведено в ППП STATISTICA [2]. Анализ проведен в предположении, что ряды не содержат аналитической трендовой и сезонной компонент. Остаточные компоненты временных рядов удовлетворяют условиям случайности, равенства нулю математического ожидания, соответствия нормальному закону распределения и независимости. Для выровненных временных рядов проверим нулевую гипотезу о принадлежности их данных одной генеральной совокупности.

Проверку проведем при помощи пакета «Анализ данных» в MS Excel [5, 7]. Результаты анализа приведены в табл. 1. Во всех четырех тестах получили наблюдаемое значение критерия меньше критического, следовательно, нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Данные, получаемые в результате имитационного моделирования, адекватны реальным (плановым) данным, и имитационную модель можно использовать для проведения экспериментов над объектом.

### 3. УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Управление сложной системой рассматривается как управление с разомкнутой обратной связью, которая позволяет использовать алгоритмы поддержки принятия решений (ППР), в частности, моделирование и процедуры анализа.

На рис. 3 использованы следующие обозначения:

$\mu_0$  – начальное значение целевой функции с соответствующим вектором решений;

$\mu_\Sigma$  – значение целевых функций и векторов решений полученное с учетом моделирования;

$\mu$  – конечное многокритериальное решение, полученное с учетом выбора организационной структуры объекта.

### 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА

Организационная структура объекта предполагает минимизацию следующих затрат:

$s_{pod_i}$  – затраты на подключение к услуге Интернет одного клиента (обозначение Ц1);

$s_{pod_k}$  – затраты на подключение к услуге кабельное телевидение(обозначение Ц2);

$do_{nakl}$  – доля накладных расходов (обозначение Ц3);

$do_{expl}$  – доля эксплуатационных расходов (обозначение Ц4).

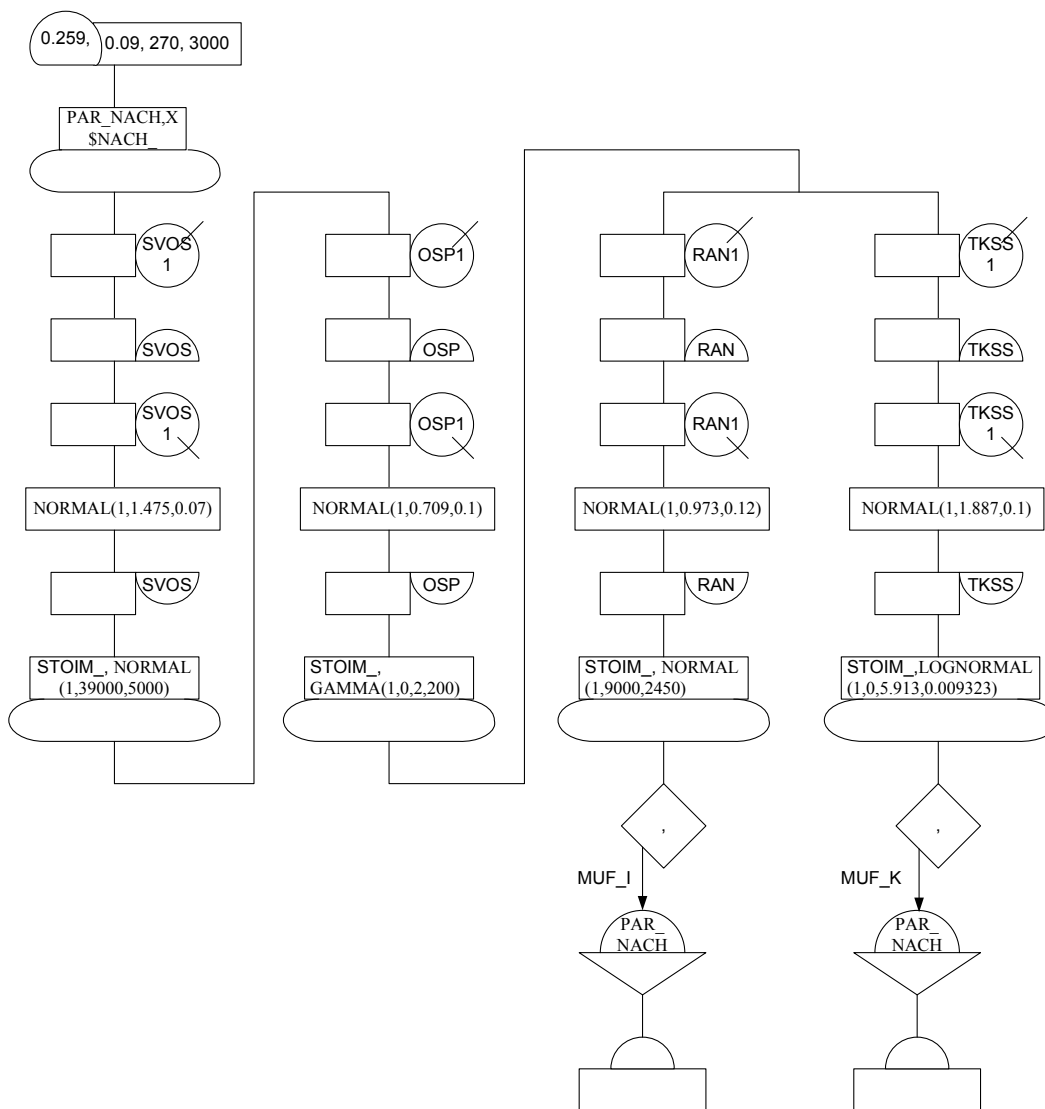


Рис. 1. Блок-схема программы в системе GPSS World

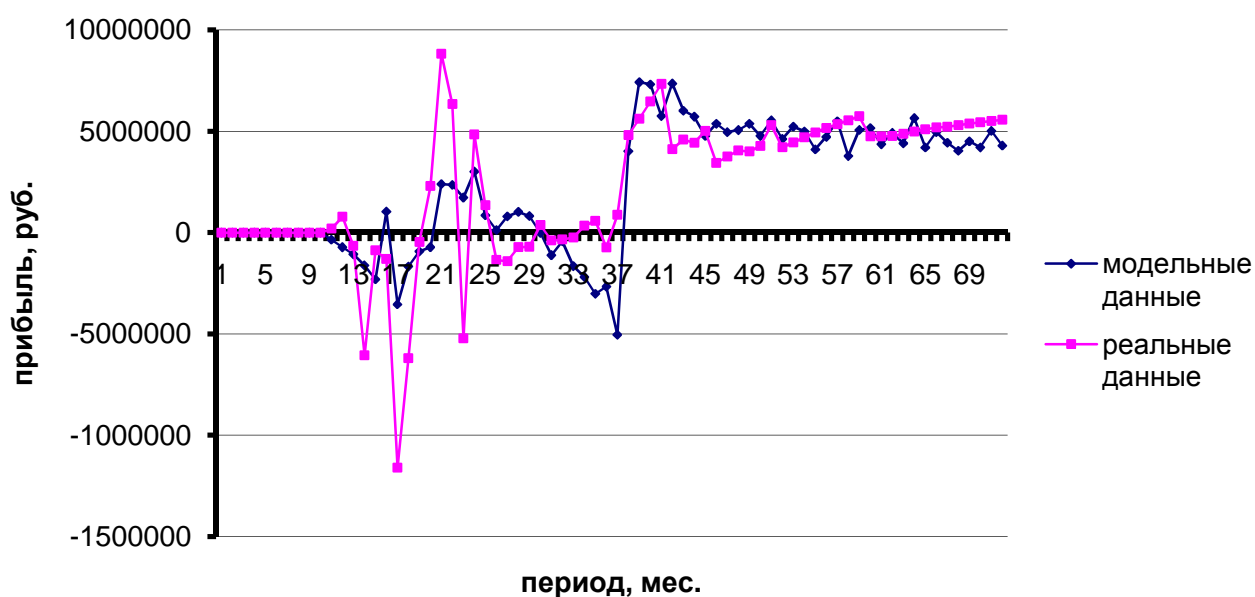


Рис. 2. Временные ряды модельных и реальных значений прибыли

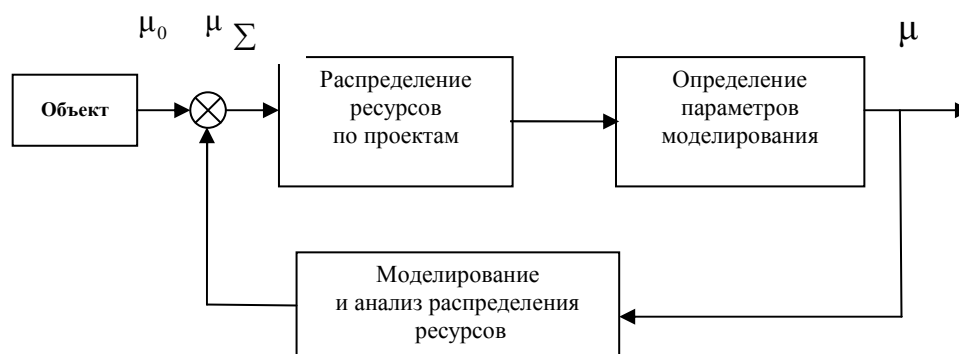


Рис. 3. Схема управления распределением ресурсов

Таблица 1

## Результаты проверки адекватности модели

Значение критерия Тест	$t$ -статистика	$P(T \leq t)$ одностороннее	$t$ критическое одностороннее	$P(T \leq t)$ двухстороннее	$t$ критическое двухстороннее	$F$	$P(F \leq f)$ одностороннее	$F$ критическое одностороннее
	Парный двухвыборочный $t$ -тест для средних	-6,431	0,637	1,667	0,127	1,994		
Двухвыборочный $F$ -тест для дисперсии						0,532	0,082	0,675
Двухвыборочный $t$ -тест с одинаковыми дисперсиями	-4,227	0,215	1,656	0,420	1,977			
Двухвыборочный $t$ -тест с различными дисперсиями	-4,227	0,222	1,657	0,442	1,978			

Введем следующие обозначения для факторов, влияющих на затраты:

$x_1$  – профессиональная специализация;

$x_2$  – отсутствие дублирования функций и обязанностей;

$x_3$  – отсутствие непрофильных задач подразделений;

$x_4$  – вертикальная координация;

$x_5$  – горизонтальная координация;

$x_6$  – длина информационной цепочки.

По каждому фактору можно оценить степень достижения наилучшего варианта по безразмерной шкале желательности.

Целевая функция (эффект от достижения всех целей) будет иметь следующий вид:

$$H_{\pi}(\bar{w}, \bar{a}, \bar{b}) = \sum_{i=1}^m b_i G_i(\bar{w}, \bar{a}) = \sum_{i=1}^m b_i \sum_{j=1}^n a_j w_{ij},$$

где  $\pi$  – альтернатива;

$G_i(\bar{w}, \bar{a})$  – эффект от достижения  $i$ -й цели;

$b_i$  – вес  $i$ -й цели в достижении общей цели;

$a_j$  – степень достижения наилучшего варианта при альтернативе  $\pi$ ;

$w_{ij}$  – вес  $j$ -го фактора в достижении  $i$ -й цели (по нормированной шкале от 0 до 1).

Оцениваются две альтернативы:

- линейная организационная структура;
- матричная организационная структура.

Степени достижения каждого фактора в каждой из двух альтернатив, веса целей и факторов определяются методом экспертных оценок (см. табл. 2 и табл. 3).

Таблица 2

**Веса целей в достижении общей цели**

Цель	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4
Вес	0,35	0,2	0,15	0,3

Таблица 3

**Веса факторов в достижении каждой цели**

Цель	Фактор					
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
Ц1	0,26	0,03	0,06	0,13	0,23	0,29
Ц2	0,2	0,03	0,06	0,13	0,3	0,28
Ц3	0,345	0,09	0,055	0,1	0,21	0,2
Ц4	0,09	0,2	0,3	0,15	0,02	0,24

Результаты расчетов по модели количественной оценки повышения эффективности инвестиционного финансирования при изменении организационной структуры объекта приведены в табл. 4: переход от линейно-функциональной к матричной организационной структуре позволяет добиться лучших значений по всем

целевым установкам и увеличения значения целевой функции. В стоимостном выражении смена организационной структуры позволяет снизить затраты на подключение, накладные и эксплуатационные расходы за счет меньшего дублирования обязанностей, уменьшения непрофильных задач подразделений и минимизации длины информационной цепочки.

Таблица 4

Альтернатива	Цели				Общий эффект
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	
1	0,49	0,46	0,55	0,35	0,45
2	0,58	0,61	0,55	0,51	0,56

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для реализации мероприятий по совершенствованию системы инвестиционного финансирования в статье предложено использовать имитационный подход с учетом методов теории вероятностей и математической статистики.

На основе концептуальной модели в системе GPSS World реализована имитационная модель системы инвестиционного финансирования объекта. В результате проведения вычислительных экспериментов с моделью получены следующие результаты:

- целевая функция монотонно убывает или возрастает по каждому из входных параметров в отдельности;

- рассматриваемая система в рамках определенных диапазонов изменения наиболее чувствительна к изменению пяти факторов (цена одного мегабайта трафика, оплата вышестоящим провайдерам за один мегабайт трафика, среднее количество потребляемого одним абонентом трафика за месяц, доля накладных расходов от суммы прямых затрат, доля эксплуатационных расходов от стоимости сети);

- полученное оптимальное значение критерия NPV достигается на границе области определения исследуемых факторов;

- решающее значение при проведении экспериментов имеет удачный выбор подобласти определения факторов. Он связан с интуитивными решениями, которые принимает ЛПР или экспериментатор.

Разработанная модель позволяет получить детальный план денежных потоков по инвестиционному проекту в заданном временном интервале в зависимости от значений факторов.

Полученные результаты позволяют определить оптимальную политику на объекте в отношении инвестиционного финансирования, в том числе необходимые объемы заемных средств, сроки привлечения и погашения кредитов, в целях развития объекта и увеличения NPV инвестиционного проекта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бирман Г., Шмидт С.** Экономический анализ инвестиционных проектов / Под ред. Л. П. Бельх. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 631 с.
2. **Боровиков В. П., Боровиков И. П.** STATISTICA, Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. 608 с.
3. **Волкова О. Н.** Управленческий учет: учеб. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. 472 с.
4. **Габдракипова Н. В., Бабкова Е. В.** Применение имитационного моделирования для анализа финансирования сложного объекта // Принятие решений в условиях неопределенности: межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2011. Вып. 8. С. 50–61.
5. **Гмурман В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2001. 479 с.

6. **Гультияев А. К.** MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows. Практическое пособие. СПб.: КОРОНА, 1999. 288 с.

7. **Козлов А. Ю., Шишов В. Ф.** Пакет анализа MS Excel в экономико-статистических расчетах: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. С. Мхитаряна. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 139 с.

#### ОБ АВТОРАХ

**Юсупова Нафиса Исламовна**, проф., зав. каф. вычислительн. математики и кибернетики, декан факультета информатики и робототехники. Дипл. радиофизик (Воронежск. гос. ун-т, 1975). Д-р техн. наук по управлению в техн. системах (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. критическ. ситуационного управления, информатики.

**Бабкова Елена Васильевна**, доц. той же каф. Дипл. инженер-экономист по АСУ (УАИ, 1972). Канд. техн. наук (УГАТУ, 1990). Иссл. в обл. управления и моделирования в сложн. орг.-техн. системах.

**Габдракипова Нина Викторовна**, асп. той же каф. Дипл. экономист-математик (УГНТУ, 2006). Иссл. в обл. управления и моделирования в сложн. орг.-техн. системах.