

УДК 658.15

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

© 2011 г. Бадалова А. Г.*, Пантелеев П. А.**

**Московский государственный технологический университет «Станкин»*

***Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)*

В статье сформировано алгоритмическое и программное обеспечение применения метода дифференциальной эволюции и адаптивного метода имитации отжига для реализации различных стратегий управления риском предприятия авиационно-промышленного комплекса (АПК), специализирующегося на разработке новых образцов авиационной техники.

Ключевые слова: риск; стратегическое управление риском; система управления рисками предприятия; стоимостный подход; кризисы; метаэвристические алгоритмы оптимизации.

The following article presents the algorithmic and software for using a differential evolution method and adaptive method of annealing simulation as the ways of implementing various risk management strategies at the enterprises of aircraft industry complex (AIC), which enterprises' specialization is engineering for new aircraft projects.

Key words: risk; strategic risk management; risk management system of the enterprise; cost-based approach; crisis; metaheuristic algorithms of optimization.

В [1; 2] изложены концептуальные основы управления рисками, которые заключаются в том, что процесс управления рассматривается как органическое объединение и взаимосвязь двух составляющих: процесса управления рисками и риск-менеджмента. Под стратегическим управлением рисками авторами понимается процесс управления рисками промышленного предприятия, ориентированного на реализацию выбранной стратегии развития и достижения целевых стратегических показателей предприятия. В [3] предложена функциональная схема системы управления риском предприятия (АПК), специализирующегося на разработке новых образцов авиационной техники, представляющая собой систему с четырьмя обратными связями, соответствующими четырем горизонтам управления. В предложенной схеме, разработанной в соответствии с основным принципом управления, структурированы

целевые показатели управления рисками по горизонтам управления в соответствии со стоимостным подходом к управлению. В данной статье предложены способы распространения стоимостного подхода на задачи реализации основных стратегий управления рисками. Сформулированы соответствующие задачи условной оптимизации и предложены алгоритмы их решения. На основе предложенных алгоритмов сформировано программное обеспечение, эффективность которого продемонстрирована на примере.

Функциональная схема системы стратегического управления риском на основе стоимостного подхода. Указанная выше функциональная схема системы управления риском представляет собой многоконтурную систему с обратной связью (рис. 1). Четыре взаимосвязанных контура соответствуют четырем горизонтам управления: нормативно-стратегическому, стратегическому, тактиче-

скому, оперативному. Следует отметить, что управление строится таким образом, чтобы в каждом контуре реализовывалась соответствующая *цель управления*.

Для контура оперативного управления это выполнение условия неотрицательности отклонения рентабельности собственного капитала ROE_t от требуемой величины ROE_{mp} : $\Delta ROE_t = ROE_t - ROE_{mp} \geq 0$ в любой момент функционирования системы, где, как правило, значение ROE_{mp} характеризуется средним значением по отрасли (в данном случае авиационной промышленности). Приведенное

условие отражает требование устойчивого поддержания величины рентабельности собственного капитала не ниже требуемого уровня.

Для контура тактического управления это выполнение условия неотрицательности отклонения значения экономической добавленной стоимости EVA_t от требуемого значения EVA_{mp} : $\Delta EVA_t = EVA_t - EVA_{mp} \geq 0$ при условии $EVA_t \geq 0$, так как при $EVA_t = 0$ риск только компенсируется, а значение $EVA_t < 0$ свидетельствует о неэффективном управлении.

Для контуров стратегического и норма-

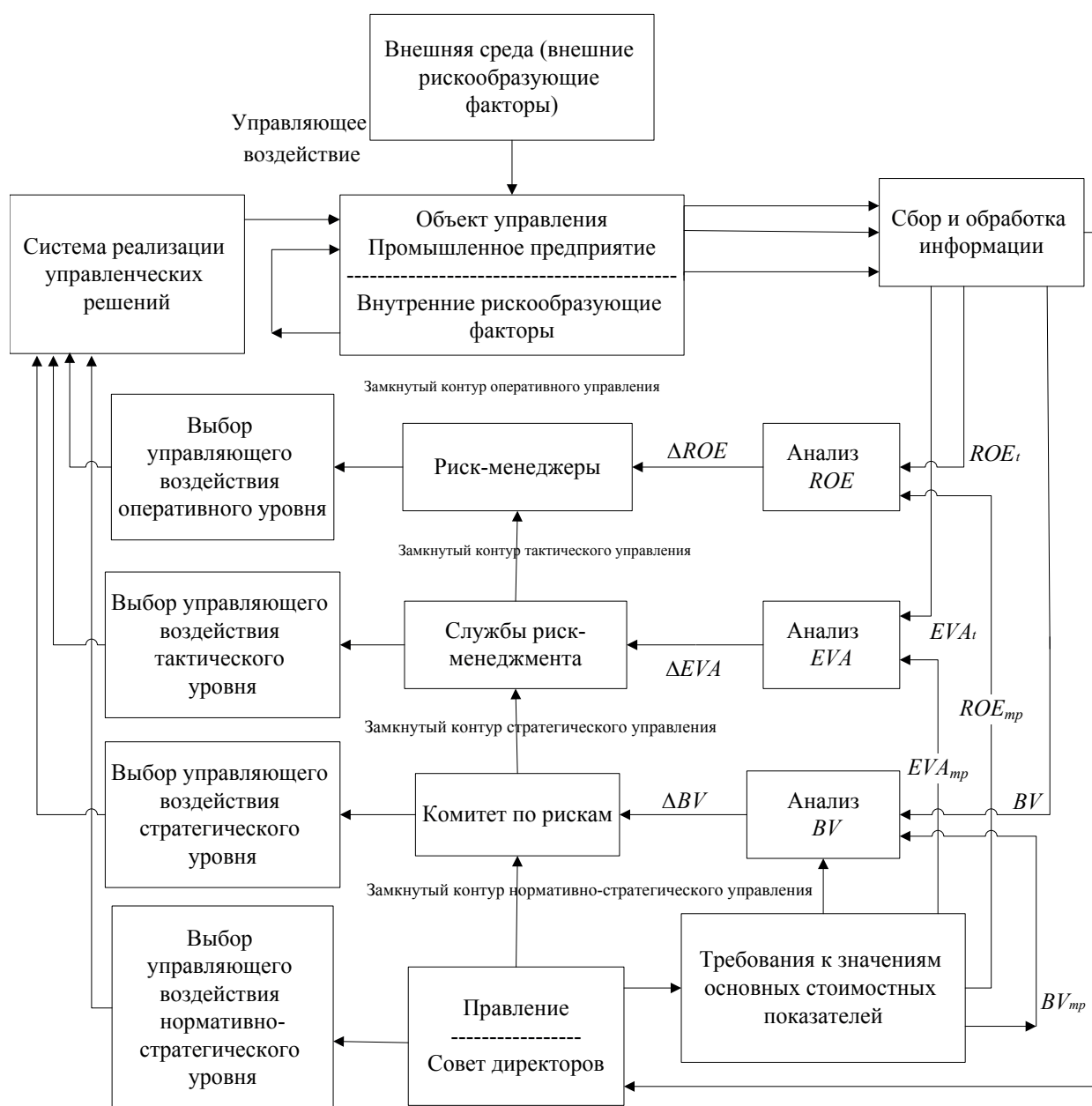


Рис. 1. Функциональная схема системы стратегического управления риском

тивно-стратегического управления это выполнение условия неотрицательности отклонения фундаментальной стоимости предприятия BV_{n+1} через n стандартных периодов времени на основе анализа деятельности предприятия в $n+1$ -м году от требуемого значения BV_{mp} : $\Delta BV = BV_{n+1} - BV_{mp} \geq 0$.

Естественно, что орган управления в контуре более высокого уровня (внешнего контура по отношению к рассматриваемому) может принимать решения, относящиеся к компетенции более низких органов управления, что в схеме отражено стрелками.

Система управления функционирует в непрерывном времени, реагируя на изменения внешней среды (внешних рискообразующих факторов) и внутренних рискообразующих факторов [1–3].

Предложенная схема удовлетворяет основным принципам управления: *непрерывности* (все контуры непрерывно реагируют на результаты воздействия внешних и внутренних рискообразующих факторов); *целенаправленности* (каждый контур управления функционирует для достижения определенной цели, непосредственно связанной с целями функционирования остальных контуров системы); *системности* (применяется принцип обратной связи, последовательная реализация которого позволяет текущим финансовым результатам деятельности предприятия влиять на характер его функционирования. Полученная замкнутая система является многоконтурной, в которой контуры влияют друг на друга); *комплексности* (система позволяет управлять различными группами рисков, так и риском промышленного предприятия в целом).

Методика расчета основных стоимостных показателей деятельности предприятия, используемых при стратегическом управлении риском. Рассмотрим модель, основанную на учете экономической добавленной стоимости (EVA). В [3] предложена подробная методика расчета показателей, используемых во всех контурах управления на схеме, изображенной на рис. 1. Однако заметим, что стоимость предприятия определяется тремя составляющими: приведенной стоимостью инвестиций, приведенной стоимостью прогнозируемой экономической прибыли, приведенной стоимостью прогно-

зируемой экономической прибыли по завершению прогнозного периода. Результат прогноза существенно зависит от оценки величины экономической добавленной стоимости EVA_{n+1} в первый год по завершении прогнозируемого периода, величины $ROIC_{n+1}$ — ожидаемой рентабельности чистых новых инвестиций, величины g — ожидаемых темпов роста показателя $NOPAT$ в бессрочной перспективе.

Пример расчета основных стоимостных показателей деятельности предприятия, используемых при стратегическом управлении риском. Зададим следующие параметры модели, основанной на учете экономической добавленной стоимости: $n = 5$; $SV = 4\,500\,000$ руб.; $SV_{экв} = 1\,200\,000$ руб.; $Z_{ДСР1} = 7\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР2} = 7\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР3} = 6\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР4} = 6\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР5} = 5\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР6} = 5\,120\,000$ руб.; $CD = 0,03$; $C3K = 0,17$; $ROIC_1 = ROIC_2 = ROIC_3 = ROIC_4 = ROIC_5 = 0,16$; $ROIC_6 = 0,14$; $ROE_{mp} = 0,07$; $EVA_{mp} = 200\,000$ руб.; $g = 0,07$; $BV_{mp} = 50\,000\,000$ руб.

Получены следующие значения критериев качества функционирования контуров:

— оперативного управления: $\Delta ROE_1 = 0,382$; $\Delta ROE_2 = 0,382$; $\Delta ROE_3 = 0,346$; $\Delta ROE_4 = 0,346$; $\Delta ROE_5 = 0,31$; $\Delta ROE_6 = 0,267$;

— тактического управления: $\Delta EVA_1 = 4,71 \cdot 10^5$; $\Delta EVA_2 = 4,71 \cdot 10^5$; $\Delta EVA_3 = 4,81 \cdot 10^5$; $\Delta EVA_4 = 4,81 \cdot 10^5$; $\Delta EVA_5 = 4,91 \cdot 10^5$; $\Delta EVA_6 = 2,734 \cdot 10^5$;

— стратегического и нормативно-стратегического управления: $\Delta BV = 1,549 \cdot 10^7$ руб.

Заметим, что в каждом контуре системы управления риском критерий качества управления выполнен, т. е. $\Delta ROE_t > 0$, $\Delta EVA_t > 0$, $\Delta BV > 0$, $t = 1, \dots, n+1$.

Функциональная схема адаптивной системы стратегического управления риском с учетом возможного перерастания реализовавшихся рисков в кризисы. В процессе функционирования потенциальные риски предприятия АПК при отсутствии или неэффективном функционировании системы управления ими с течением времени постепенно перерастают в кризисы предприятия. В случае, если в процессе функционирования системы управления рисками возникает ситуация, в которой несмотря на применение различных методов управленческого

воздействия часть потенциальных рисков реализовалась и некоторое количество стратегических бизнес-единиц и/или подразделений предприятия охвачено кризисом, система стратегического управления рисками нуждается в дополнении новыми обратными связями, отражающими эффект адаптации к возникающим ситуациям. При этом актуальными задачами являются нахождение типа кризиса (локального, комплексного, глобального) и выработка соответствующих управленческих решений [2]. *Локальный* кризис, как правило, охватывает одну функциональную бизнес-единицу, *комплексный*

кризис — более одной. *Глобальный* кризис охватывает все предприятие в целом.

В случае возникновения кризисов система управления рисками (см. рис. 1) должна быть дополнена новыми контурами обратной связи (рис. 2). При возникновении локального кризиса и отчасти комплексного требуется адаптация управляющих воздействий в системе управления риском на основе стоимостных показателей. При развитии комплексного кризиса применяются методы антикризисного управления, а при глобальном кризисе — методы управления банкротством.

По решению правления или совета ди-

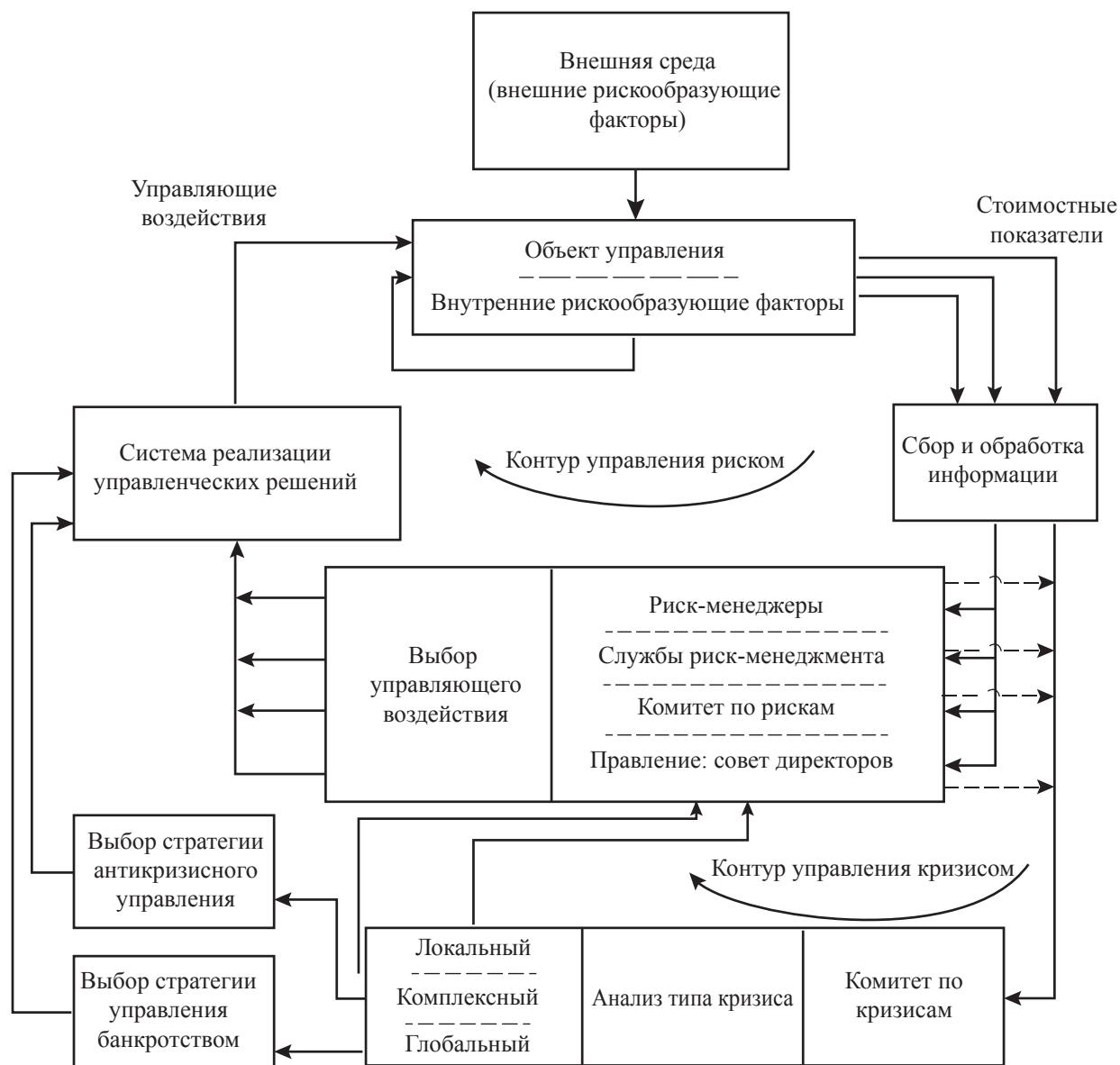


Рис. 2. Адаптивная система стратегического управления рисками

ректоров (а также иных органов) создается *комитет по кризисам* в качестве субъекта управления. Комитет получает информацию об основных стоимостных показателях деятельности предприятия, а также о количестве реализовавшихся рисков и их уровне от субъектов управления в четырех контурах управления риском, в том числе: оперативных рисков от риск-менеджеров; тактических рисков от служб риск-менеджмента; стратегических рисков от комитета по рискам; нормативно-стратегических рисков от правления.

Нахождение уровня риска и типа кризиса. В соответствии с разработанной концепцией управления рисками [1; 2] и методологическими основами оценки рисков определяются две вероятности: вероятность наступления рискового события (P_1); вероятность изменения финансовых результатов деятельности предприятия после наступления рискового события (P_2). Под финансовым результатом можно понимать относительное изменение стоимости предприятия BV_{n+1} , экономической добавленной стоимости (EVA_t), рентабельности собственного капитала (ROE_t). Итоговой оценкой риска будем считать *уровень риска* $Y_R = f(P_1, P_2, \Delta)$.

Поскольку эксперты при принятии решений, как правило, используют лингвистические переменные, т. е. оперируют качественными категориями более чем количественными, для решения задачи определения уровня риска в [4] применена теория нечетких систем. Уровень риска оценивается по шкале риска от 0 до 10, лингвистическими значениями являются: «низкий»; «ниже среднего»; «средний»; «выше среднего»; «высокий, близкий к критическому». Аналогично формируется нечеткая система определения типа кризиса. Он находится по информации об общем числе реализовавшихся рисков, о проценте охваченных кризисом стратегических бизнес-единиц в рамках предприятия. *Тип кризиса* T_k оценивается по шкале кризисов от 0 до 6, лингвистическими значениями являются «локальный»; «комплексный», «глобальный».

Выбор стратегии управления рисками. Постановка задачи оптимизации. Стратегия выбирается в зависимости от уровня риска [2]: если уровень низкий, то *стратегия собственного удержания (принятия) рисков*;

если ниже среднего, то *комбинирование стратегии принятия рисков и гармонизированного управления рисками*; если средний, то стратегия гармонизированного управления; если выше среднего, то комбинирование стратегии гармонизированного управления и *стратегии передачи рисков*; если высокий, то стратегия передачи рисков. В рамках стоимостного подхода реализация каждой стратегии может быть следствием решения соответствующей задачи оптимизации. Критерием качества (целевой функцией) для всех стратегий предлагается использовать критерий качества функционирования контуров стратегического и нормативно-стратегического управления — приращение фундаментальной стоимости предприятия: $\Delta BV = BV_{n+1} - BV_{mp}$, величину которого требуется максимизировать.

В качестве ограничений выступают требования удовлетворения критерия качества в контуре оперативного управления: $\Delta ROE_t = ROE_t - ROE_{mp} \geq 0, t = 1, \dots, n+1$; удовлетворения критерия качества в контуре тактического управления: $\Delta EVA_t = EVA_t - EVA_{mp} \geq 0, t = 1, \dots, n+1$; требования к уровню риска предприятия Y_R , типу кризиса T_k , затратам Z ресурсов, связанных с управлением рисками; управляющим воздействиям (переменным).

Управляющие переменные, изменение которых влияет на критерий качества, также ограничены. Все они образуют вектор управления x , координаты которого будем считать ограниченными в рамках некоторых отрезков допустимого изменения управляющих переменных. Множество X допустимых значений управления образуется прямым произведением этих отрезков. В результате анализа алгоритма подсчета основных экономических показателей деятельности предприятия можно выделить управляющие воздействия во всех четырех контурах управления.

Управляющие воздействия в контуре оперативного управления: величина собственного капитала (SV); величина эквивалента собственного капитала ($SV_{экв}$); величина всего заемного капитала ($Z_{ДСР}$); ставка дохода на собственный капитал ($СД$); стоимость заемного капитала ($СЗК$); ожидаемая рентабельность инвестиций ($ROIC_t$); требуемое значение рентабельности собственного капитала (ROE_{mp}).

Управляющие воздействия в контуре

тактического управления: составляющие бухгалтерской операционной прибыли ($NOPAT_t$); средневзвешенные затраты на капитал ($WACC_t$); величина инвестированного капитала (CI_t); требуемое значение экономической добавленной стоимости (EVA_{mp}).

Управляющие воздействия в контуре стратегического управления: величина инвестированного капитала (CI_t); составляющие экономической добавленной стоимости по периодам времени (EVA_t); ожидаемые темпы роста денежного потока (g); промежуток времени управления (количество стандартных периодов времени n); составляющие бухгалтерской операционной прибыли по периодам времени ($NOPAT_1, \dots, NOPAT_{n+1}$); ожидаемая рентабельность инвестиций ($ROIC_t$); средневзвешенные затраты на капитал ($WACC_t$); требуемое значение стоимости предприятия (BV_{mp}).

Управляющие воздействия в контуре нормативно-стратегического управления: задание значений ($ROE_{mp}, EVA_{mp}, BV_{mp}$).

Общая для всех стратегий постановка задачи оптимизации имеет вид:

$$\Delta BV = BV_{n+1} - BV_{mp} \rightarrow \max_{x \in X},$$

$$\Delta ROE_t = ROE_t - ROE_{mp} \geq 0, \quad t = 1, \dots, n+1;$$

$$\Delta EVA_t = EVA_t - EVA_{mp} \geq 0, \quad t = 1, \dots, n+1;$$

$$3_{t \min}^{(i)} \leq 3_t^{(i)} \leq 3_{t \max}^{(i)}, \quad t = 1, \dots, n+1;$$

$$Y_R^{(i)} \min \leq Y_R^{(i)} \leq Y_R^{(i)} \max ;$$

$$T_k^{(i)} \min \leq T_k^{(i)} \leq T_k^{(i)} \max ,$$

где $i = 1, 2, 3$ — номер стратегии. Граничные

значения приведены в табл. 1.

Если предложенная система управления риском функционирует эффективно и устойчиво, то можно предположить, что выполняются ограничения

$$\Delta ROE_t = ROE_t - ROE_{mp} \geq 0,$$

$$\Delta EVA_t = EVA_t - EVA_{mp} \geq 0,$$

$$Y_R^{(i)} \min \leq Y_R^{(i)} \leq Y_R^{(i)} \max ,$$

$$T_k^{(i)} \min \leq T_k^{(i)} \leq T_k^{(i)} \max$$

и условие $\Delta BV \geq 0$. При этом требуется определить наилучшие параметры модели, описывающей величину целевой функции с точки зрения затрат на реализацию управляющих воздействий в системе управления риском. В этом частном случае может быть сформирована вспомогательная задача оптимизации в форме:

$$\Delta BV = BV_{n+1} - BV_{mp} \rightarrow \max_{x \in X}$$

$$3_{t \min}^{(i)} \leq 3_t^{(i)} \leq 3_{t \max}^{(i)} \quad t = 1, \dots, n+1$$

где $x = (SV, SV_{экв}, Z_{ДСР}, CD, CZK, ROIC_t, g, BV_{mp})$.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать два метода, относящихся к группе метаэвристических [5]: метод дифференциальной эволюции и адаптивный метод имитации отжига. Они позволяют решить задачу поиска глобального условного минимума целевой функции $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на множестве допустимых решений $D = \{x | x_i \in [a_i, b_i], i = 1, 2, \dots, n\}$. Для решения задачи поиска максимума требуется перейти к задаче поиска минимума путем изменения знака перед функцией на противоположный.

Метод дифференциальной эволюции.

Алгоритм.

Шаг 1. Задать размер популяции NP ; ве-

Таблица 1

Граничные значения

Номер i	Стратегия	$Y_R^{(i)} \min$	$Y_R^{(i)} \max$	$T_k^{(i)} \min$	$T_k^{(i)} \max$	$3_{t \min}^{(i)}$	$3_{t \max}^{(i)}$
1	Принятие рисков	0	4	0	4	$0,02 CI_t$	$0,1 CI_t$
2	Гармонизированного управления рисками	2	8	0	2	$0,1 CI_t$	$0,2 CI_t$
3	Передача рисков	6	10	3	6	$0,05 CI_t$	$0,1 CI_t$

совой коэффициент F ; параметр операции скрещивания CR ; максимальное количество популяций M .

Шаг 2. Формирование начальной популяции. Выбрать в области допустимых решений NP векторов: $x^1, x^2, \dots, x^{NP}$. Положить число популяций $m = 0$.

Шаг 3. Положить $j = 1$ (вектором-мишенью выбран вектор $x^t = x^1$).

Шаг 4. Из числа оставшихся членов популяции случайным образом выбрать три различных члена: x^a, x^b, x^c , отличающихся от вектора-мишени x^t .

Шаг 5. Сформировать вектор x^{c1} : $x^{c1} = x^c + F(x^a - x^b)$. Если в полученном векторе x^{c1} s -ая координата $x_s^{c1} \notin [a_s, b_s]$, то сгенерировать с помощью равномерного распределения на отрезке $[a_s, b_s]$ случайную величину и x_s^{c1} приравнять ей.

Шаг 6. Сформировать вектор-образец x^s .

Для этого положить $i = 1$ и выполнить следующие действия:

а) сгенерировать при помощи равномерного распределения на $[0; 1]$ случайное число U_i ;

б) найти x_i^s :

— если $i = n$, то $x_i^s = x_i^{c1}$;

— если $U_i \leq CR$, то $x_i^s = x_i^{c1}$;

— если $U_i > CR$, то $x_i^s = x_i^t$;

в) проверить выполнение неравенства $i \geq$

n :

— если неравенство выполнено, то процедуру формирования вектора x^s завершить;

— если нет, положить $i = i + 1$ и перейти к шагу 6, а.

Шаг 7. Формирование новой популяции. Подсчитать значения целевой функции для вектора-образца x^s и вектора-мишени x^t . Сравнить полученные величины $f(x^s)$ и $f(x^t)$:

а) если $f(x^s) < f(x^t)$, то поместить вектор-образец x^s в новую популяцию;

б) если $f(x^s) \geq f(x^t)$, то поместить вектор-мишень x^t в новую популяцию.

Шаг 8. Проверить выполнение неравенства $j \geq NP$:

а) если неравенство выполнено, то переход к новой популяции завершен, перейти к шагу 9;

б) если нет, то положить $j = j + 1$, $x^t = x^j$ (вектором-мишенью выбран вектор $x^t = x^j$) и перейти к шагу 4.

Шаг 9. Проверить условие окончания:

а) если число сформированных популяций $m < M$, то положить $m = m + 1$ и перейти к шагу 3;

б) если $m = M$, то процесс закончить. Выбрать в полученной популяции вектор с наименьшим значением целевой функции и считать его приближенным решением задачи.

Адаптивный метод имитации отжига.

Алгоритм.

Шаг 1. Задать: начальное значение вектора T : $T_0 = (T_{(1;0)}, T_{(2;0)}, \dots, T_{(n;0)})$ (температуры); векторы параметров уменьшения температуры $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)^T$ и $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)^T$; параметр закона распределения Больцмана $CB > 0$; t_0, p, q — начальное значение и коэффициенты уменьшения параметра t_k ; N — максимальное число итераций.

Шаг 2. Сгенерировать с помощью равномерного распределения на множестве допустимых решений D начальную точку x^0 . Вычислить значение целевой функции $f(x^0)$. Положить число итераций $k = 0$.

Шаг 3. Сформировать вектор u размерности n . Для этого выполнить следующие действия:

а) положить $i = 1$;

б) получить значение случайной величины w_i , описываемой плотностью вероятности

$$g_i(w_i) = \frac{1}{2(|w_i| + T_{(i,k)}) \ln(1 + \frac{1}{T_{(i,k)}})},$$

$$w_i \in [-1, 1];$$

в) вычислить i -ую координату вектора u : $y_i = x_i^k + w_i(b_i - a_i)$. Если координата $y_i \notin [a_i, b_i]$, то сгенерировать с помощью равномерного распределения на отрезке $[a_i, b_i]$ случайную величину и считать y_i равной её значению;

г) если $i < n$, то положить $i = i + 1$ и перейти к пункту (б), в противном случае формирование вектора u завершить и перейти к шагу 4.

Шаг 4. Вычислить значения целевой функции и ее приращения: $f(y)$, $\Delta f = f(y) - f(x^k)$.

Шаг 5. Найти новое решение:

— если в точке y значение целевой функции меньше, чем в точке x^k ($\Delta f \leq 0$), то перейти в точку y , положив $x^{k+1} = y$;

— если в точке y значение целевой функции больше ($\Delta f > 0$), то сгенерировать со-

гласно равномерному закону распределения случайное число на промежутке $[0, 1]$ и сравнить с величиной $\exp(-\Delta f / CB \cdot t_k)$. Если сгенерированное число меньше, в качестве следующей точки x^{k+1} выбрать y , иначе положить $x^{k+1} = x^k$.

Вычислить $f(x^{k+1})$.

Шаг 6. Проверить условие окончания:

а) если $k = N - 1$, то процесс закончить:
 $x^* \cong x^{k+1}, f(x^*) = f(x^{k+1})$;

б) если $k < N - 1$, то положить $k = k + 1$ и перейти к шагу 7.

Шаг 7. Уменьшить температуру. Для этого выполнить следующие действия:

а) вычислить $t_k = t_0 \exp(-ck^{1/n})$, где

$$c = p \exp\left(\frac{-q}{n}\right)$$

б) положить $i = 1$;

в) вычислить i -ую координату вектора T :
 $T_{(i,k)} = (T_{(i,0)} \exp(-C_i k^{1/n}))$, где

$$C_i = P_i \exp\left(\frac{-Q_i}{n}\right)$$

г) если $i < n$, то положить $i = i + 1$ и перейти к пункту (в), в противном случае перейти к шагу 3.

Программное обеспечение. Примеры.

Разработан комплекс программ поиска глобального минимума, реализующий решение поставленной задачи двумя описанными методами [5; 6]. Среда разработки — Microsoft Visual Studio, язык программирования — C#. Решим задачу оптимизации для рассмотренного выше примера, где положим, что: $n = 5$; $SV \in [4\,500\,000, 4\,700\,000]$ руб.; $SV_{экв} \in [1\,200\,000, 1\,300\,000]$ руб.; $Z_{ДСР1} \in [7\,000\,000, 7\,100\,000]$ руб.; $Z_{ДСР2} = 7\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР3} = 6\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР4} = 6\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР5} = 5\,000\,000$ руб.; $Z_{ДСР6} = 5\,120\,000$ руб.; $g \in [0,07, 0,09]$; $BV = 50\,000\,000$ руб.; $CD \in [0,03, 0,05]$; $CЗК \in [0,17, 0,19]$; $ROIC_1 = \dots = ROIC_5 \in [0,15, 0,16]$; $ROIC_6 \in [0,14, 0,16]$. Результаты расчетов приведены на рис. 3, 4.

Методом дифференциальной эволюции получено максимальное значение стоимости предприятия — 159 967 198,91 руб. (рис. 3), а адаптивным методом имитации отжига — 159 967 082,21 руб. (рис. 4).

Таким образом, в статье предложены алгоритмы решения задач оптимизации, возникающих при реализации стратегий принятия рисков, гармонизированного управления

Постановка задачи

Метод дифференциальной эволюции | Адаптивный метод имитации отжига

Параметры метода

NP = 150
F = 0.15
CR = 0.4
M = 300

☐ Использовать модификации

Область допустимых значений управляющих воздействий

количество стандартных периодов времени $n = 5$

величина всего заемного капитала

	7000000	7100000
Z_ДСР_1	7000000	7000000
Z_ДСР_2	6000000	6000000
Z_ДСР_3	6000000	6000000
Z_ДСР_4	5000000	5000000
Z_ДСР_5	5120000	5120000

ожидаемая рентабельность инвестиций

	0.15	0.16
ROIC_1	0.15	0.16
ROIC_2	0.15	0.16
ROIC_3	0.15	0.16
ROIC_4	0.15	0.16
ROIC_5	0.15	0.16
ROIC_6	0.14	0.16

собственный капитал по балансу SV [4500000 : 4700000]
эквивалент собственного капитала SV_экв [1200000 : 1300000]
ставка дохода на собственный капитал CD [0.03 : 0.05]
стоимость заемного капитала CЗК [0.17 : 0.19]
ожидаемый темп роста денежного потока g [0.07 : 0.09]

Результаты

BV* = 159967198.914 Количество вычислений целевой функции: 90150

величина всего заемного капитала

	7099999.9988
Z_ДСР*_1	7000000
Z_ДСР*_2	6000000
Z_ДСР*_3	6000000
Z_ДСР*_4	5000000
Z_ДСР*_5	5120000

ожидаемая рентабельность инвестиций

	0.1599
ROIC*_1	0.1599
ROIC*_2	0.1599
ROIC*_3	0.1599
ROIC*_4	0.1599
ROIC*_5	0.1599
ROIC*_6	0.1599

SV* 4699999.9999
SV_экв* 1299999.9997
CD* 0.03
CЗК* 0.17
g* 0.0899

Рис. 3. Результат применения метода дифференциальной эволюции

Постановка задачи

количество стандартных периодов времени $n = 5$

величина всего заемного капитала

	7000000	7100000
Z_DCP_1	7000000	7100000
Z_DCP_2	7000000	7000000
Z_DCP_3	6000000	6000000
Z_DCP_4	6000000	6000000
Z_DCP_5	5000000	5000000
Z_DCP_6	5120000	5120000

ожидаемая рентабельность инвестиций

	0,15	0,16
ROIC_1	0,15	0,16
ROIC_2	0,15	0,16
ROIC_3	0,15	0,16
ROIC_4	0,15	0,16
ROIC_5	0,15	0,16
ROIC_6	0,14	0,16

собственный капитал по балансу SV [4500000 ; 4700000]

эквивалент собственного капитала SV_экв [1200000 ; 1300000]

ставка дохода на собственный капитал CD [0,03 ; 0,05]

стоимость заемного капитала CЗК [0,17 ; 0,19]

ожидаемый темп роста денежного потока g [0,07 ; 0,09]

Выбор метода

Метод дифференциальной эволюции Адаптивный метод имитации отжига

Параметры метода

Число итераций = 20000 C = 0,85

m = 3 p = 1

t0 = 50

Результаты

BV* = 159967082,2172 Количество вычислений целевой функции: 21412

величина всего заемного капитала

	7099967,9764
Z_DCP*_1	7099967,9764
Z_DCP*_2	7000000
Z_DCP*_3	6000000
Z_DCP*_4	6000000
Z_DCP*_5	5000000
Z_DCP*_6	5120000

ожидаемая рентабельность инвестиций

	0,1599
ROIC*_1	0,1599
ROIC*_2	0,1599
ROIC*_3	0,1599
ROIC*_4	0,1599
ROIC*_5	0,1599
ROIC*_6	0,1599

SV* 4699999,9867

SV_экв* 1299999,8892

CD* 0,03

CЗК* 0,17

g* 0,0899

Рис. 4. Результат применения адаптивного метода имитации отжига

рисками, передачи рисков, используемых в системе стратегического управления рисками предприятия АПК. Сформированное программное обеспечение позволяет гибко менять набор оптимизируемых параметров и накладываемые на них ограничения.

Авторы выражают благодарность И. Ф. Дмитракову за помощь в создании программного обеспечения.

Литература

1. Бадалова А. Г. Управление рисками производственных систем: теория, методология, механизмы реализации. — М.: ИЦ МГТУ «Станкин», «Янус-К», 2006. — 328 с.
2. Бадалова А. Г. Система управления рисками: методология, организационно-информационное обеспечение, эффективность внедрения. — М.: ИЦ МГТУ «Станкин», «Янус-К», 2007. — 120 с.
3. Бадалова А. Г., Пантелеев П. А. Функциональная схема системы стратегического управления риском предприятия авиацион-

но-промышленного комплекса на основе стоимостного подхода [Электронный ресурс] / Электронный журнал «Труды МАИ», №42, 2011 г. — Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=24289>, свободный. — Загл. с экрана.

4. Бадалова А. Г., Пантелеев П. А. Формирование системы нечеткого вывода для нахождения уровня риска на предприятии авиационно-промышленного комплекса [Электронный ресурс] / Электронный журнал «Труды МАИ», №42, 2011 г. — Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=24293>, свободный. — Загл. с экрана.

5. Пантелеев А. В. Метаэвристические алгоритмы поиска глобального экстремума. — М.: МАИ-Принт, 2009.

6. Пантелеев А. В., Дмитраков И. Ф. Алгоритмическое и программное обеспечение адаптивного метода имитации отжига для поиска глобального экстремума. // Теоретические вопросы вычислительной техники и программного обеспечения. — М.: МИРЭА, 2010. — С. 148–154.



Анна Георгиевна Бадалова — профессор, д.э.н., профессор кафедры «Финансовый менеджмент» Московского государственного технологического университета «Станкин».

Anna Georgievna Badalova — professor, Ph.D, Doctor of Economics, professor at Moscow State University of Technics «Stankin» «Financial Management» department.

127994, г. Москва, Вадковский пер., д. 1, МГТУ «Станкин», кафедра «Финансовый менеджмент»
1 Vadkovsky per., Moscow State University of Technology «Stankin», «Financial Management» dept.,
127994, Moscow, Russia
Тел.: +7 (499) 972-95-05; e-mail: abadalova@mail.ru



Петр Андреевич Пантелеев — аспирант кафедры «Математическая кибернетика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Peter Andreyevich Panteleev — postgraduate student at Moscow Institute of Aviation (National Research University) «Mathematical Cybernetics» department.

125993, Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское ш., 4, кафедра «Математическая кибернетика»
4 Volokolamskoe s., GSP-3, A-80, «Mathematical Cybernetics» dept., 125993, Moscow, Russia
Тел.: +7 (499) 158-48-11; e-mail: avpanteleev@inbox.ru
