

Л.А. СТАШЕВСКАЯ,
А.А. БОРОВСКАЯ

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО РИСКА

Определение: риск инвестирования в новые ИТ(информационные технологии) определяется как вероятность потери (или недополучения ожидаемой прибыли вследствие появления дополнительных непредвиденных обстоятельств) материальной выгоды от внедрения новой технологической схемы АСОД.

В современной экономической литературе широко исследованы методы оценки инвестиционного риска*. В подавляющем большинстве это методы прогнозирования риска и разработка шкал допустимых прогнозных значений риска. Инвестиционный риск деятельности подрядных организаций государственных и частных форм собственности, специализирующихся на разработке АСОД (автоматизированных систем обработки данных), представляет собой вероятность потери при-

Людмила Александровна СТАШЕВСКАЯ, старший преподаватель кафедры информационных технологий БГЭУ;

Алла Александровна БОРОВСКАЯ, ассистент кафедры информационных технологий БГЭУ.

* Баззел Р.Д., Кокс Д.Т., Браун Р.В. Информация и риск в маркетинге. М., 1993.

ли инвесторами (заказчиками) в результате совместной инвестиционной деятельности с этими подрядными организациями по реализации АСОД.

На практике этот риск по результатам анализа успешных и проигрышных вариантов инвестирования за определенный период может быть оценен количественно и определен следующими методами: статистическим, математическим и графическим. Эти методы определения риска хорошо зарекомендовали себя в сфере промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и кратко суть их заключается в следующем. Статистический метод для расчета вероятности возникновения потерь заказчиком учитывает все статистические данные, касающиеся результативности осуществления фирмой (или другой коммерческой подрядной проектной организацией) операций по внедрению предшествующих технологических разработок.

Выделяют 3 основных класса методов прогнозирования инвестиционного риска (рис. 1): метод экспертных оценок, моделирование, экстраполяция. Перечисленные классы методов прогнозирования в ИТ целесообразно применять в следующих случаях:

- в условиях отсутствия достоверной статистической характеристики объекта;
- в условиях большой неопределенности среды функционирования объекта прогнозирования;
- при прогнозировании отраслей экономики, подверженных сильному влиянию новых технологий и условиям рыночной конкуренции;
- в условиях дефицита времени и невозможности математического моделирования.

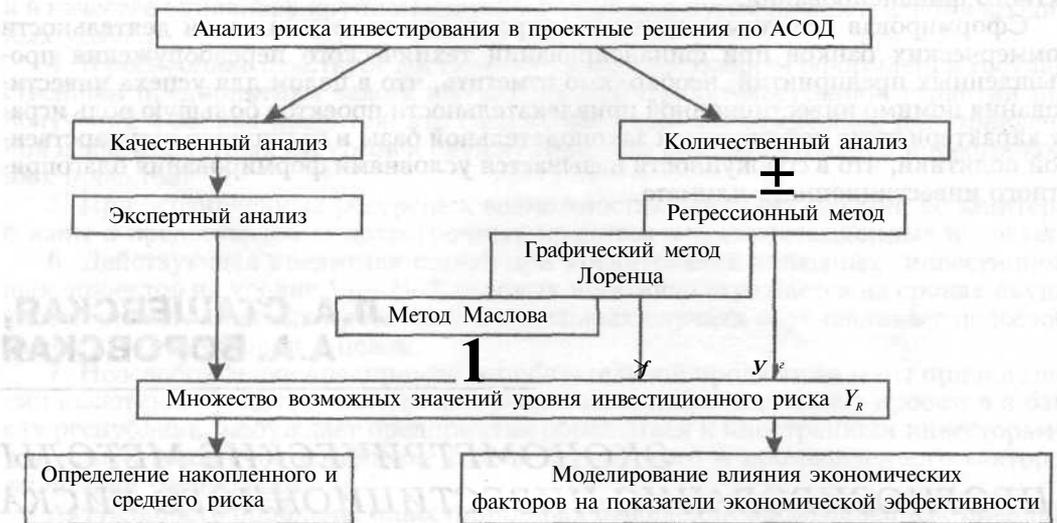


Рис. 1. Анализ инвестиционного риска в ИТ

Инвесторы новых ИТ стремятся уменьшить свой риск, вкладывая средства в технологические решения по организации АСОД, и одновременно они стремятся получить гарантии дивидендов по прибыли. Следовательно, количественная оценка инвестиционного риска имеет такое же важное значение, как и оценка ожидаемой прибыли. Назначение анализа риска — дать возможность потребителям или спонсорам новой технологической разработки необходимые математически обоснованные данные для принятия решения о целесообразности финансирования этой разработки и предусмотреть меры по страхованию от возможных финансовых потерь.

Среди факторов, влияющих на количественное значение риска, могут быть такие, как время, изменения на рынке технических и программных средств, скачки инфляции, изменение налоговой политики и т.д. При определении факторов инвестиционного риска важно избежать субъективных промахов разработчика и достаточно полно владеть информацией о рынке программных и технических продуктов, необходимых для реализации предлагаемого технологического проекта, сред-

ствах и условиях сопряжения программных и технических возможностей, а также информацией о подрядчиках — коммерческих фирмах и производственных объединениях государственного типа — предлагающих услуги по установке программных и технических средств АСОД.

Риски подразделяются на региональные, политические и коммерческие, грань между которыми на практике бывает трудноразличима. Политические и региональные риски труднее поддаются оценке и страхованию, но они в свою очередь могут влиять на коммерческие риски. Таким образом, достаточно точный учет инвестиционного риска позволяет на уровне коммерческой структуры учесть влияние региональных и политических рисков. Коммерческие риски подразделяются на риск арендатора, риск подрядчика, риск изменения цен, риск инфляционных процессов, риск поставщика и т.д.

Анализ риска инвестирования в технологии АСОД (см. рис. 1) авторы предлагают проводить *качественно* (определяются предполагаемые факторы риска) и *количественно* (численное определение риска). Количественно риск определяется методом регрессионного анализа, математическим методом, графическим методом. Для определения качественного риска инвестирования в проектные решения по АСОД на этапе предпроектной подготовки, по мнению авторов, экономически целесообразно привлечение высококвалифицированных экспертов.

Графический метод прогнозирования инвестиционного риска заключается в построении кривой риска (кривой Лоренца).

Математически уровень риска определяется по формуле П.П. Маслова:

$$Y_{\text{р}} = \frac{Y_1(n-0 + Y_2(n-2) - \dots - Y_{n-1}}{50(n-1)}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{р}}$ — уровень риска за определенный период времени; n — число единиц совокупностей; $Y_{1,2, \dots}$ — удельный вес частоты возникновения инвестиционных потерь f (уровень инвестиционного риска)! который определяется функцией

$$f = \frac{n'}{\text{sum}} \quad (2)$$

где n' — количество наступления некоторого уровня потерь по инвестициям за исследуемый период; $n_{\text{м}}$ — общее число случаев в статистической выборке, включающее и успешно осуществленные операции.

Сравнение графического и математического методов определения уровня риска инновационных технологических вложений показывает, что погрешность результатов, даваемых каждым из них, составляет не более 6 %.

Регрессионный метод определения уровня инвестиционного риска заключается в получении регрессионной функции прогнозируемого уровня инвестиционного риска от времени. Вероятность подтверждения прогнозируемого уровня риска оценивают для нахождения технологического применения полученного прогнозного значения в дальнейшем моделировании или принятии решения по вопросу инвестирования. Сочетание простых статистических методов с хорошо развитой интуицией и профессиональным опытом экспертов может оказаться, на наш взгляд, наиболее успешным при оценке уровня риска и принятии решения об инвестировании в АСОД, так как формальное использование методов статистического анализа дает результаты, искаженно отражающие реальные процессы использования новых технологических приемов обработки информации в экономике.

При оценке риска инвестирования в проектные решения по АСОД будем исходить из следующих критериев:

- уменьшение инвестиционного риска на моделях;
- распределение риска между инвесторами;
- страхование риска (использование схемы хеджирования).

Гарантами страхования политических, региональных и, следовательно, коммерческих инвестиционных рисков выступают международные и национальные экспертно-кредитные институты и крупные финансово-кредитные институты:

- ОРИК — корпорация по гарантиям частных американских инвестиций за рубежом при правительстве США;

- МИГА — Международное инвестиционное гарантийное агентство;
- ЕБРР — Европейский банк реконструкции и развития.

Практика страхования инвестиционного риска в технологии АСОД также может быть использована инвесторами. Перечисленные организации обычно отдают предпочтение инвестиционным проектам, где треть стоимости инвестиций обеспечивается капиталом страхуемого инвестора при определенных уровнях гарантированного риска. Такой уровень определяется на основе схемы хеджирования. Далее будут рассмотрены механизм и методика безубыточного инвестирования в АСОД.

Полученные различными методами количественные значения уровня инвестиционного риска образуют множество возможных наиболее вероятных значений. Для учета этих значений в моделях оценки эффективности инвестирования целесообразнее всего брать наибольшие из полученного множества значения, как отражающие граничные состояния исследуемых систем.

Однако для исследования динамики изменения уровня инвестиционного риска и показателей эффективности инвестирования в зависимости от экономических факторов в проектных решениях АСОД в настоящей работе предлагается учитывать весь диапазон полученных расчетным путем вероятных значений инвестиционного риска.

Введем понятие областей риска. Если за основу установления таких областей взять требования Центрального Банка России по оценке состояния активов, то можно выделить 5 основных областей оценки риска потерь от любой коммерческой структуры-подрядчика в условиях рыночной экономики.

Определение: Область риска — некоторая зона общих потерь потребителя новой технологии от подрядчика и других внешних факторов, в границах которой потери не превышают предельного (граничного) значения установленного уровня риска.

Безрисковая область — характеризуется отсутствием каких-либо потерь при проектировании и внедрении новой технологии с гарантией получения как минимум расчетной прибыли. Теоретическая прибыль при выполнении проекта не ограничена. Коэффициент риска $У = 0$.

Область минимального риска — уровень потерь в ней не превышает размеры чистой прибыли. Уровень риска $У$ колеблется от 0 до 25 %. Потребитель новой технологии, имея дело с подрядчиком при таком коэффициенте риска, в худшем случае не получит чистой прибыли, в лучшем случае — большая часть чистой прибыли будет получена.

Область повышенного риска — уровень потерь не превышает размеры расчетной прибыли. Уровень риска $У = 25 - 50$ %. Заказчик рискует тем, что в худшем случае он произведет покрытие всех затрат, в лучшем — получит прибыль намного меньше расчетного уровня.

Область критического риска — возможны потери заказчика, которые превысят размер расчетной прибыли. Уровень риска — 50—75 %. Риск для потребителя — нежелательный, поскольку он подвергается опасности потерять всю свою выручку, не получив при этом никакой прибыли.

Область недопустимого риска — со стороны заказчика возможны потери, близкие к размеру вложений, т.е. наступление банкротства. Уровень риска $У = 75-100$ %.

Методика и алгоритм прогнозирования инвестиционного риска деятельности фирмы с помощью регрессионного анализа

Использование аппарата регрессионного анализа для прогнозирования уровня риска инвестирования в АСОД обосновано следующим. Инвестиционный риск деятельности посреднических фирм (организаций), предлагающих технологические варианты АСОД, при отсутствии воздействия перечисленных выше факторов риска, кроме времени (0), может быть представлен графически как затухающий синусоидальный процесс $У = F(0)$.

Процесс имеет тенденцию к стабилизации (статическому уровню инвестиционного риска). При появлении воздействия какого-либо одного или группы влияющих факторов синусоида риска отвечает возможным (но не обязательным) изменением уровня статического риска. В табл. 1 представлен реальный уровень риска

деятельности посреднической фирмы, поставляющей технологические решения по организации АСОД за 12 месяцев ее деятельности. На рис. 2 такой риск представлен кривой реального риска деятельности фирмы.

Таблица 1. Изменение с течением времени риска потерь прибыли (инвестиционного риска) деятельности подрядной фирмы, проектирующей АСОД

Реальный риск деятельности фирмы ($Y = F(t)$)	0,3	0,7	0,92	0,54	0,36	0,21	0,12	0,03	0,21	0,18	0,12	0,09
Месяцы t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



Рис. 2. Кривая колебания реального уровня инвестиционного риска $Y = F(t)$ как функции времени t

Следовательно, уровень инвестиционного риска за некоторый интервал времени в ИТ может быть спрогнозирован как затухающий синусоидальный процесс. Заметим, что для оценки риска удобно использовать пакет DSTAT.

Алгоритм 1

Прогнозирование инвестиционного риска с помощью регрессионного анализа

Исходные данные	Выборка значений инвестиционного риска за период наблюдения
Выходные данные	Прогнозное значение уровня риска (Y_R)
Шаг 1	Определить регрессионные характеристики реальной выборки инвестиционных рисков (табл. 1)
Шаг 2	Построить уравнение регрессии затухающего синусоидального процесса в случае приемлемого коэффициента корреляции (более 0,7)
Шаг 3	Вычислить функцию зависимости регрессионного инвестиционного риска
Шаг 4	Скорректировать регрессионное уравнение в случае значительного расхождения реальной и регрессионной функции
Шаг 5	Вычислить прогнозируемое значение уровня инвестиционного риска Y_R на заданный период времени.
Конец алгоритма	

Пример 1. В табл. 2 приведены регрессионные характеристики прогнозируемого инвестиционного риска, полученные при использовании пакета DSTAT. В табл. 3 приведены выборка значений уровня инвестиционного риска с рассчитанными регрессионными характеристиками и результат прогнозирования ожидаемого уровня инвестиционного риска на последующий период с использованием пакета DSTAT. Уравнение регрессии для прогнозирования значений уровня инвестиционного риска имеет вид

$$Y_R = 0,5(ABS(EXP(\sin(15t - 0,25)) - 0,75)), \quad (3)$$

где t – прогнозируемый интервал времени.

Таблица 2. Регрессионные характеристики для прогнозирования инвестиционного риска

Регрессионная характеристика	Значение характеристики
Значение выборочного коэффициента корреляции	0,72818
Сумма произведений квадратов разностей	10,601725
Среднее значение по Y	6,5
Сумма произведений разностей	7,72
Среднее значение по Y	0,315

Таблица 3. Одномерный временной ряд для экстраполирования инвестиционного риска

Расчетные значения риска по уравнению регрессии	0,26	0,61	0,91	0,96	0,71	0,35	0,07	0,09	0,17	0,19	0,16	0,07	0,11	0,41	0,8
Реальный риск деятельности фирмы (Y)	0,3	0,7	0,92	0,54	0,36	0,21	0,12	0,03	0,21	0,18	0,12	0,09			
Месяцы (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t-t$ среднее	-5,5	-4,5	-3,5	-2,5	-1,5	-0,5	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	Прогнозируемое значение уровня инвестиционного риска (Y_R)		
$Y-Y$ среднее	-0,015	0,385	0,61	0,225	0,05	-0,11	-0,195	-0,285	-0,11	-0,135	-0,2	-0,23			

Из рис. 3 следует, что алгоритм 1 прогнозирования уровня инвестиционного риска Y_R с помощью регрессионного анализа приемлем для получения возможных значений уровня инвестиционного риска, сравнения этих значений с аналогичными, полученными другими методами, и использования полученных прогнозных значений Y_R при моделировании влияния экономических факторов на показатели эффективности инвестирования в технологии АСОД.

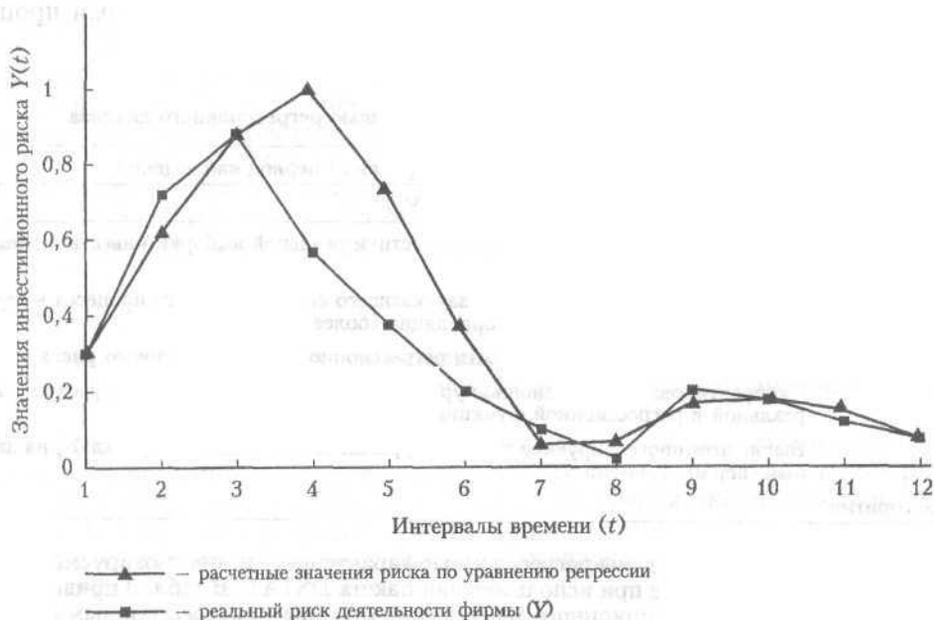


Рис. 3. Прогнозирование уровня инвестиционного риска Y_R как функции времени t на основе уравнения регрессии (формула 3)

Методика и алгоритм прогнозирования инвестиционного риска графическим методом (методом Лоренца)

Для сравнения результатов прогнозирования уровня инвестиционного риска Y_R , полученного регрессионным методом, с результатами, полученными графическим методом, построим алгоритм графического метода прогнозирования уровня инвестиционного риска Y_R . Уникальность этого алгоритма в том, что ранее графический метод прогнозирования инвестиционного риска Y_R не применялся в ИТ.

Алгоритм 2

Прогнозирование уровня инвестиционного риска графическим методом

Исходные данные	Выборка значений инвестиционного риска за предшествующий прогнозированию период
Выходные данные	Уровень риска Y_R
Шаг 1	Разбить выборку значений инвестиционного риска на равноценные области (табл. 4)
Шаг 2	Определить принадлежность (непринадлежность) реального значения инвестиционного риска заданной области
Шаг 3	Определить удельные частоты возникновения каждой из областей
Шаг 4	Определить кумулятивные частоты инвестиционного риска (табл. 4)
Шаг 5	Построить функцию (кривую) Лоренца и вспомогательные линии АВ и АС (рис. 4)
Шаг 6	Определить Y_R графически по соотношению $Y_R = \frac{AB}{AC}$
Конец алгоритма	

Пример 2. Для прогнозирования уровня инвестиционного риска по методу Лоренца возьмем за основу данные табл. 3.

На первом шаге алгоритма разобьем все значения инвестиционного риска деятельности посреднической фирмы (распределенные от 0 до 1) на области (табл. 4).

Таблица 4. Распределение инвестиционного риска в ранжированном ряду по удельным частотам его возникновения

Номер области попадания инвестиционного риска	I (0 %)	II (0–25 %)	III (25–50 %)	IV (50–75 %)	V (75–100 %)
Количество случаев попадания инвестиционного риска в определенную область	0	7	2	2	1
Удельный вес частоты возникновения определенного уровня инвестиционного риска	0	0,584	0,166	0,166	0,083
Кумулятивные (накопленные) итоги частот возникновения инвестиционного риска заданного уровня	0	0,584	0,750	0,916	0,999

На втором шаге вычисляем количество попаданий инвестиционного риска в определенную область. Результаты подсчета занести в табл. 4.

На третьем шаге определяем удельные частоты возникновения каждой из областей.

На четвертом шаге определяем кумулятивные частоты инвестиционного риска (табл. 4).

На пятом шаге вычисляем функцию Лоренца и строим кривую, а также вспомогательные линии АВ и АС (рис. 4).

На шестом шаге вычисляем уровень инвестиционного риска по методу Лоренца (рассчитывается как разность единицы и соотношения отрезков $\frac{AB}{AC}$ на рис. 4).

$$Y_R = 1 - \frac{AB}{AC} = 0,136.$$

Прогнозные значения инвестиционного риска Y_R , полученные по алгоритмам 1 и 2, отличаются на 1,6 %. Это говорит о приемлемой точности прогнозных результатов и возможности использования алгоритмов 1 и 2 для оценки инвестиционного риска при проектировании АСОД.

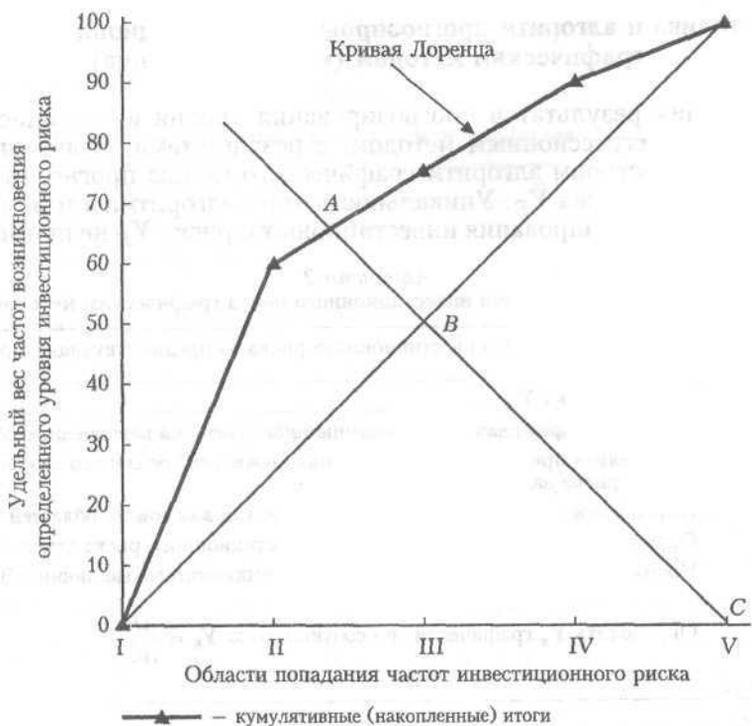


Рис. 4. Построение кривой Лоренца и вспомогательных линий (AB, AC) для прогнозирования по методу Лоренца уровня инвестиционного риска

Методика и алгоритм определения в ИТ уровня инвестиционного риска математическим методом

Для сравнения результатов прогнозирования уровня инвестиционного риска, полученного регрессионным методом, с результатами, полученными математическим методом (методом Маслова), построим алгоритм математического метода прогнозирования уровня инвестиционного риска Y_R . Уникальность этого алгоритма в том, что ранее математический метод прогнозирования уровня инвестиционного риска не применялся в ИТ, а также в том, что модифицирована и унифицирована запись формул для вычислений всех параметров метода Маслова.

Если выборку значений инвестиционного риска деятельности фирмы за определенный период (табл. 1) разбить на интервалы (уровни) наблюдения (например на 10 уровней), то частоту возникновения каждого уровня потерь (некоторого уровня инвестиционного риска) можно рассчитать по формуле

$$f_i^0 = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n_i}, \quad (4)$$

где i – номер уровня наблюдения, k – количество уровней наблюдения, n_i – количество наступлений некоторого уровня потерь (некоторого уровня инвестиционного риска), $\sum_{i=1}^k n_i$ – общее число наблюдений в статистической выборке. Формулу Маслова (1) тогда можно записать в модифицированном виде

$$Y_R = \frac{f_i^0 \left(\sum_{i=1}^k n_i - i \right)}{\left(\sum_{i=1}^k n_i - 1 \right)}. \quad (5)$$

Построим алгоритм прогнозирования уровня риска инвестора для вложения средств в АСОД математическим методом. Уникальность этого алгоритма в том, что ранее математический метод прогнозирования инвестиционного риска не применялся в ИТ. Математическая формула (5) для определения уровня инвестиционного риска Y_R математическим методом представлена впервые.

Алгоритм 3

Прогнозирование уровня инвестиционного риска математическим методом

Исходные данные	Выборка значений инвестиционного риска за период наблюдения
Выходные данные	Уровень риска Y_R
Шаг 1	Разбить значения инвестиционного риска в выборке на уровни n_i
Шаг 2	Подсчитать количество попаданий инвестиционного риска в определенный уровень n_i
Шаг 3	Определить удельную частоту возникновения каждого из уровней f_i^0 по формуле (4)
Шаг 4	Определить Y_R по формуле (5).
Конец алгоритма	

Пример 3. Выборка значений инвестиционного риска приведена в табл. 1. В табл. 5 приведено распределение инвестиционного риска по уровням возникновения. Рассчитанное по формуле Маслова (5) значение уровня инвестиционного риска: $Y_R = 0,234$.

Таблица 5. Распределение инвестиционного риска по уровням потерь

Номер уровня (i)	Интервал, при котором инвестиционный риск попадает в данный уровень	Количество попаданий (n_i)	Частота удельный вес) попаданий инвестиционного риска в данный уровень (f_i^0)
1	0–0,1	2	0,166
2	0,1–0,2	3	0,25
3	0,2–0,3	2	0,166
4	0,3–0,4	2	0,166
5	0,4–0,5	0	0
6	0,5–0,6	1	0,083
7	0,6–0,7	0	0
8	0,7–0,8	1	0,083
9	0,8–0,9	0	0
10	0,9–1	1	0,083

В табл. 6 приведены возможные наиболее вероятные прогнозные значения уровня риска инвестора, рассчитанные различными методами.

Таблица 6. Значения уровня инвестиционного риска Y_R на момент начала инвестирования, рассчитанные различными методами

Метод определения риска	Полученное значение Y_R
Прогнозный метод	0,11
Графический метод	0,136
Метод Маслова	0,234

Как видно из табл. 6, прогнозные значения уровня риска инвестора по алгоритму 3 отличаются от соответствующих значений по алгоритму 1 и 2 соответственно на 12,4 % и на 9,8 %. Такой разброс прогнозных значений окажется полезным в дальнейшем для более полного моделирования граничных значений показателей эффективности инвестирования в АСОД.