

# **Исследование рисков**

**А.Г. Тутыгин  
к.ф.-м.н., доцент**

# Литература:

- Балабанов И.Т. Риск-менеджмент. – М.: Финансы и статистика, 1996
- Уткин Э. А. Риск-менеджмент. – М.: Изд-во «ЭКМОС», 1998
- Хохлов Н.В. Управление риском: Учебное пособие. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001
- Чернова Г.В., Кудрявцев А.А. Управление рисками: Учебное пособие – М.: ТК Велби : Изд-во «Прспект», 2006
- Бенинг В.Е., Королев В.Ю. , Шоргин С.Я. Математические основы теории риска. – М.: Физматлит, 2011
- Виноградов О.П. Элементы теории риска. – М.: ЛЕНАНД, 2019
- Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы изменения, пути снижения. – М. : Дело и сервис, 2009
- Слепухина Ю.Э. Риск-менеджмент на финансовых рынках: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2015
- Финансовая математика: Математическое моделирование финансовых операций: Учебное пособие / Под ред. В.А. Половникова и А.И. Пилипенко. – М.: Вузовский учебник, 2004

# **Краткое содержание:**

- **Концепция менеджмента рисков**
- **Уровни управления рисками**
- **Стандарты устойчивого развития**
- **Разработка управленческих решений в условиях неопределенности и риска**
- **Проектирование систем менеджмента рисков в организации**



# **Семейство стандартов 31000**

**(версия – февраль 2018)**

- **Разработано Техническим комитетом №262 «Менеджмент риска» Международной организации по стандартизации (ИСО)**
- **Включает в себя:**
  - **ГОСТ Р ИСО 31000 - Менеджмент риска. Принципы и руководство.**
  - **ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 - Менеджмент риска. Методы оценки риска.**
  - **ГОСТ Р 51897-2011 - Менеджмент риска. Термины и определения.**



# Стандарт ISO 31000:2018

## Менеджмент риска

- Содержит принципы, структуру и процесс управления рисками
- Может быть использован любой организацией независимо от ее размеров, вида деятельности или отрасли
- Применение ISO 31000 может помогать организациям при повышении вероятности достижения целей, более эффективному выявлению возможностей и угроз, а также более эффективному распределению и применению ресурсов при мониторинге рисков.
- Однако, ISO 31000 не может быть использован в целях сертификации, а служит руководством для внутренних или внешних аудиторских программ



# Концепция ISO 31000

**«ISO 31000 содержит информацию об управлении рисками, поддерживает все виды деятельности, включая принятие решений на всех уровнях организации. Принципы ISO 31000 и связанные с ним процессы должны быть интегрированы в систему менеджмента, чтобы гарантировать последовательность и эффективность управленческого контроля во всех областях деятельности организаций»**

***Джейсон Браун, председатель технического комитета ИСО/ТК 262, Менеджмент риска***

# Профессия риск-менеджера:

<b>Востребованность:</b>	Многообразиие и сложность финансовых инструментов и требований законодательства
<b>Задачи:</b>	Анализ бизнес-процессов, идентификация тактических и стратегических рисков, выработка процедур, ограничивающих риск
<b>Компетенции:</b>	Финансовое прогнозирование, стратегии хеджирования рисков
<b>Трудоустройство:</b>	Компании, предоставляющие финансовые услуги
<b>Функции;</b>	Важное звено между бэк-офисом и фронт-офисом, трансляция предпочтений компании относительно рисков, измерения, контроль, установка лимитов, отчетность

# Объективная и субъективная стороны риска

## Объективная сторона

- Обусловлена вероятностной сущностью многих природных, социальных и технологических процессов, многовариантностью отношений между субъектами
- Риск существует независимо от того, осознают ли его наличие или нет, учитывают или игнорируют его

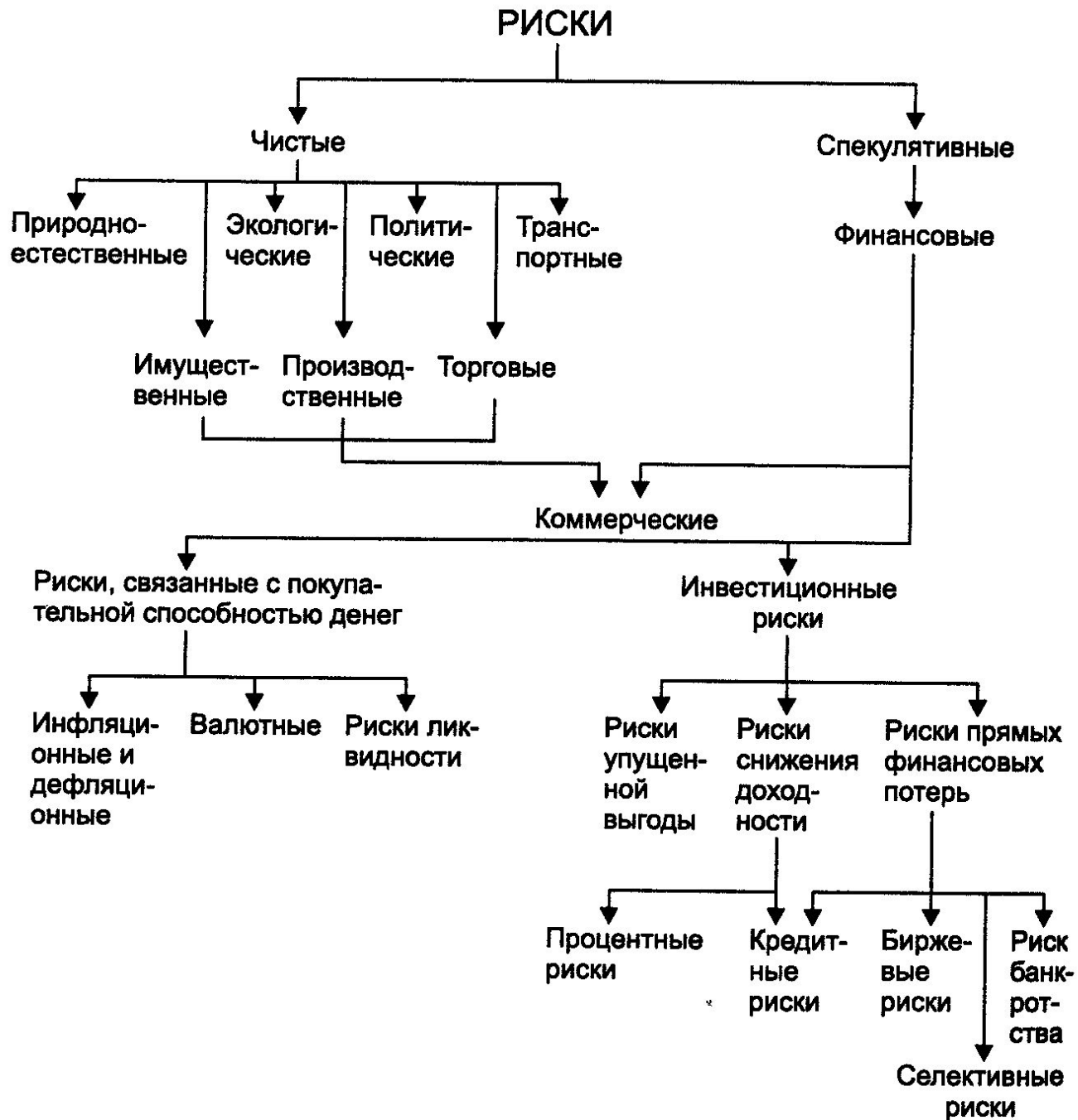
## Субъективная сторона

- Риск связан с выбором определенных альтернатив, расчетом вероятностей их исхода
- Люди неодинаково воспринимают одну и ту же ситуацию в силу различия психологических, нравственных принципов, материального положения и т.д.



# **Источники неопределенности и риска**

- **Спонтанность природных процессов и явлений, стихийные бедствия**
- **Невозможность однозначного предвидения наступления предполагаемого результата**
- **Наличие противоборствующих тенденций, столкновение противоречивых интересов**
- **Вероятностный характер НТП**
- **Неполнота, недостаточность информации**
- **Ограниченность ресурсов**
- **Невозможность однозначного познания объекта при существующих методах и уровне научного познания**
- **Относительная ограниченность сознательной деятельности человека**
- **Несбалансированность систем и механизмов**

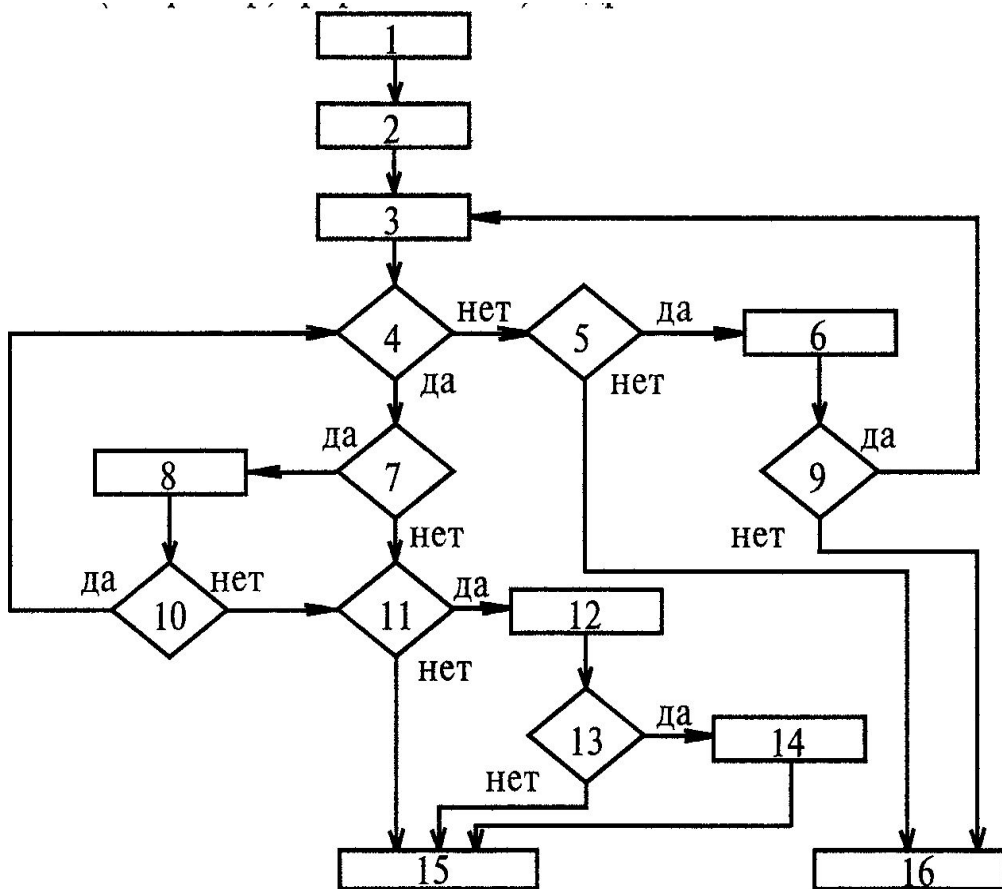


# Управление рисками



# Блок-схема процесса управления риском

- 1 — сбор и обработка данных
- 2 — качественный анализ риска
- 3 — количественная оценка риска
- 4 — оценка приемлемости риска
- 5,11 — оценка возможности снижения риска
- 6, 12 — выбор методов и формирование вариантов снижения риска
- 8 — формирование и выбор вариантов увеличения риска
- 7 — оценка возможности увеличения риска
- 9, 13 — оценка целесообразности снижения риска
- 10 — оценка целесообразности увеличения риска
- 14 — выбор варианта снижения риска
- 15 — реализация проекта (принятие риска)
- 16 — отказ от реализации проекта (избежание, риска)



# **В зависимости от различного отношения потребителей к риску МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ НЕСКОЛЬКО ТИПОВ:**

- **рискоутейкеры** – лица, склонные к риску, легко идущие на риск (предполагающие, что выигрыш может быть меньше первоначального взноса)
- **рисконейтралы** – индивиды, нейтрально относящиеся к риску (рассчитывающие на ожидаемый выигрыш)
- **рискофобы** – противники риска (вкладывающие сумму средств, строго меньшую ожидаемого дохода)

# Риску свойственны следующие характерные черты:



- неопределенность внешней среды
- необходимость выбора решения из ряда альтернатив
- возможность получения неоднозначного результата
- своеобразие поведения субъектов



# Модель страховой компании

События и процессы	Что происходит?
Страховые случаи: аварии, смерти и т.д.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Компания выплачивает клиентам сумму, зависящую от тяжести страхового случая</li></ul>
Изменения капитала страховой компании	<ul style="list-style-type: none"><li>• Возрастает за счёт покупки страховых полисов клиентами</li><li>• Убывает за счет страховых выплат клиентам</li></ul>

**Компания разоряется, если очередная страховая выплата превысит значение страхового капитала**

# Модель страховой компании

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )



# Модель страховой компании

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# **Классификация задач принятия решений в зависимости от условий внешней среды и степени информированности ЛПР:**

- в условиях определенности (детерминированные модели)**
- в условиях риска (стохастические модели)**
- в условиях неопределенности**
- в условиях конфликта (игровые модели)**

# Принятие решений в условиях определенности:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Логические критерии:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Качественные критерии: полезность для ЛПР

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Принятие решений в условиях риска:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Матричная модель задачи:

	$O_1$	$O_2$	...	$O_m$
$x_1$	$L_{11}$	$L_{12}$	...	$L_{1m}$
$x_2$	$L_{21}$	$L_{22}$	...	$L_{2m}$
...	...	...	...	...
$x_n$	$L_{n1}$	$L_{n2}$	...	$L_{nm}$

# Пример:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n | B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = p r_{n-1} + p q r_{n-2} + p q^2 r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )



# Принятие решений в условиях неопределенности:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Критерии выбора оптимальной стратегии:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Критерии выбора оптимальной стратегии:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Критерии выбора оптимальной стратегии:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

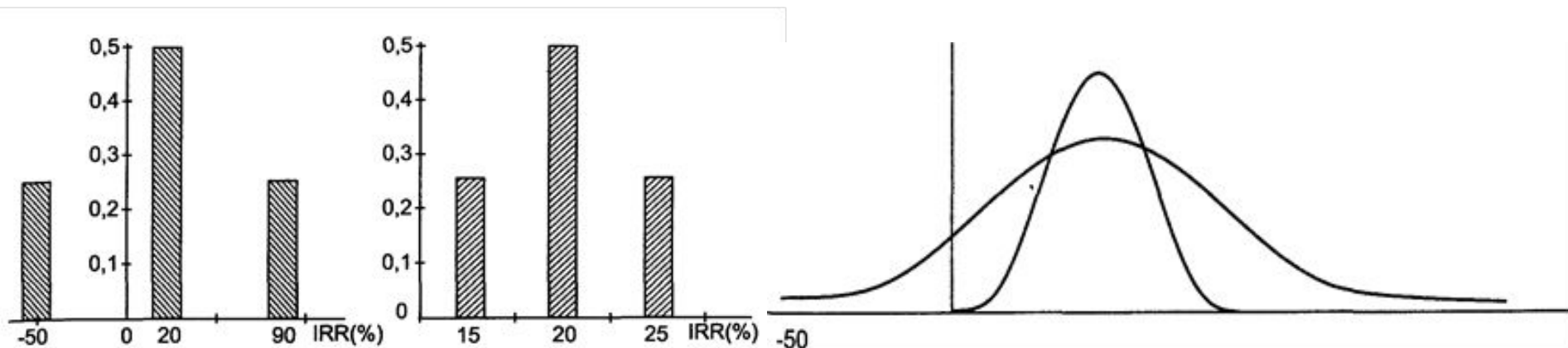
$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

Состояние экономики	Вероятность данного состояния	Проект А, IRR	Проект В, IRR
Подъем	$P_1 = 0,25$	90%	25%
Норма	$P_2 = 0,5$	20%	20%
Спад	$P_3 = 0,25$	-50%	15%

$$ERR_A = 0,25 \times 90\% + 0,5 \times 20\% + 0,25 \times (-50\%) = 20\%$$

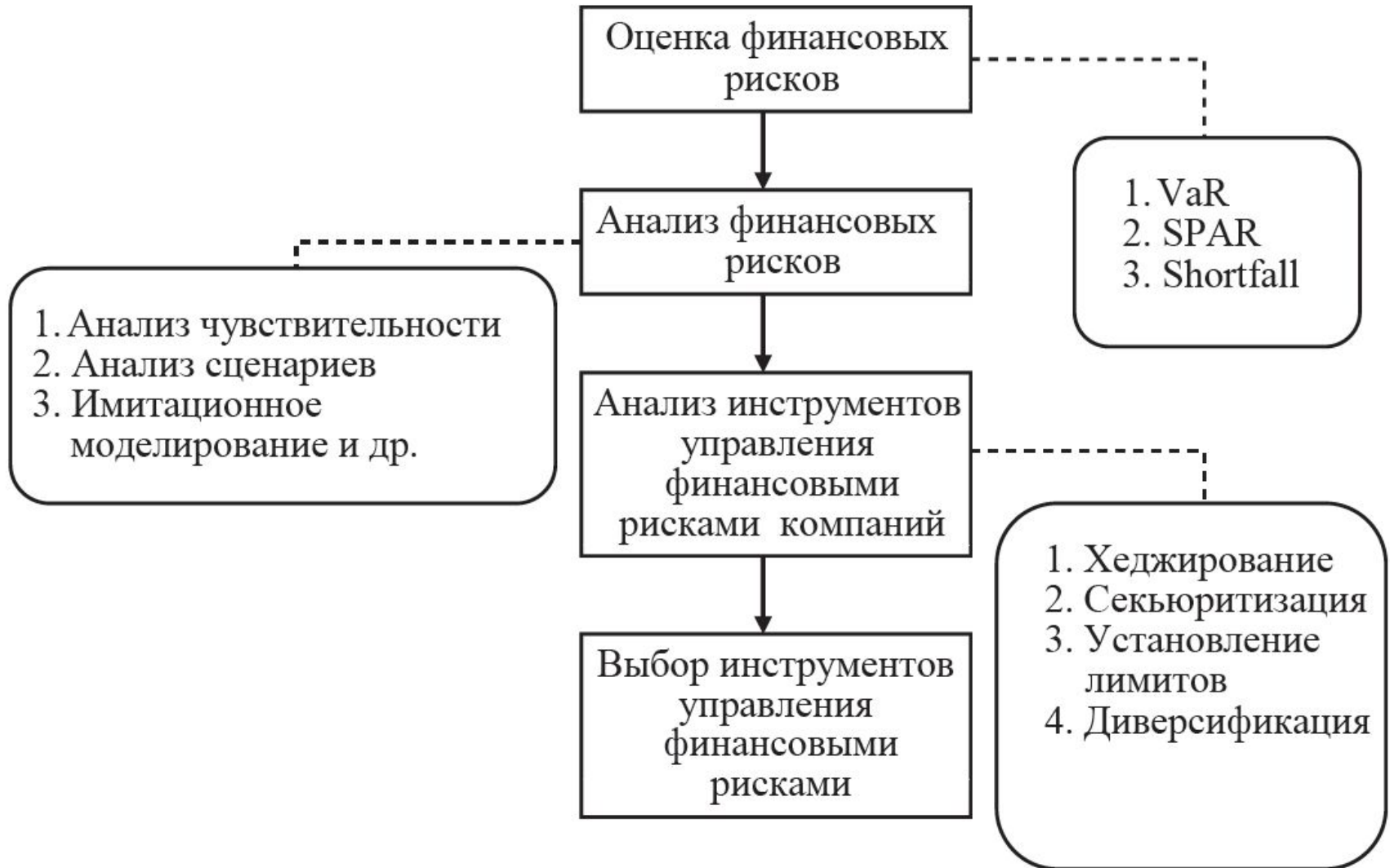
$$ERR_B = 0,25 \times 25\% + 0,5 \times 20\% + 0,25 \times 15\% = 20\%$$



**Сравните с точки зрения доходности и риска акции двух компаний «А» и «Б», если имеется следующая информация:**

<b>Событие</b>	<b>Вероятность события</b>	<b>Ожидаемые ставки доходности</b>	
		<b>для «А»</b>	<b>для «Б»</b>
<b>1</b>	<b>0,25</b>	<b>30%</b>	<b>17%</b>
<b>2</b>	<b>0,15</b>	<b>12%</b>	<b>24%</b>
<b>3</b>	<b>0,4</b>	<b>-20%</b>	<b>5%</b>
<b>4</b>	<b>0,1</b>	<b>16%</b>	<b>10%</b>
<b>5</b>	<b>0,1</b>	<b>15%</b>	<b>2%</b>

# Процесс управления финансовыми рисками



# Оценка финансовых рисков.

## Методы оценки

Наименование метода	Определение метода
VaR (Value at Risk)	Оценка риска, представляющая собой ожидаемый максимальный убыток в течение установленного периода времени и с установленным уровнем вероятности
SPAR (The Standard Portfolio Analysis of Risk)	Анализ риска стандартного портфеля, система расчета гарантийных обязательств
Shortfall	Более консервативный метод оценки риска, требующий резервировать больший капитал, чем VaR



# Анализ финансовых рисков

- метод корректировки нормы дисконта
- метод достоверных эквивалентов
- анализ чувствительности критериев эффективности (*NPV*, *IRR* и т.д.)
- анализ вероятностных распределений
- деревья решений
- метод сценариев
- имитационное моделирование
- метод, основанный на теории нечетких множеств
- метод реальных опционов и т.д.

# Метод корректировки нормы дисконта

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# **Метод достоверных эквивалентов**

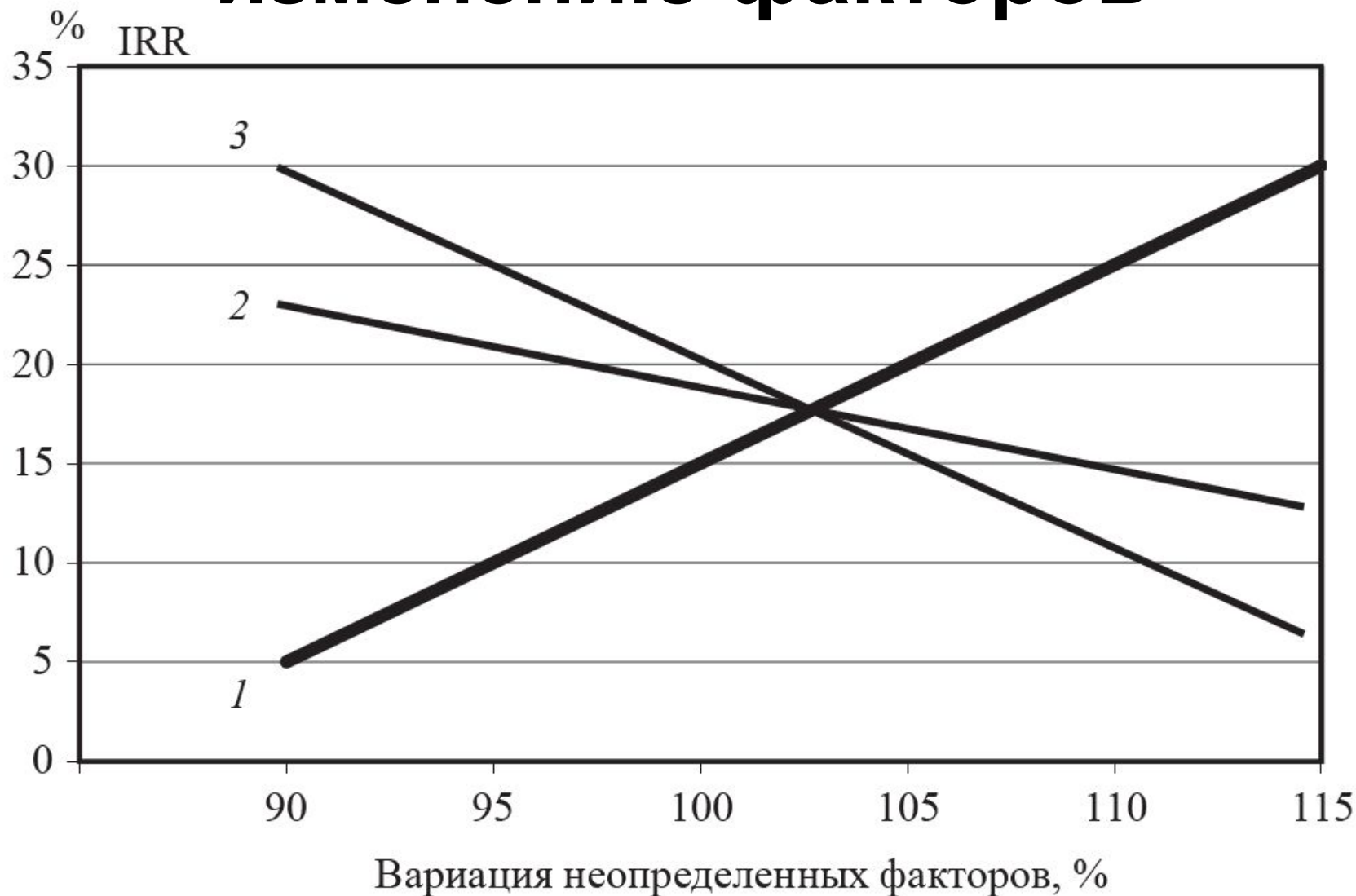
- **Оценка неопределенных денежных потоков за каждый период сводится в один показатель, который отражает как их вероятность, так и склонность инвестора к риску**
- **Показатель характеризует соотношение значений денежных потоков при среднем и высоком уровнях риска**
- **В качестве достоверного эквивалента используется математическое ожидание денежных потоков**

# **Анализ чувствительности**

**(стресс-тестирование, *Stress Testing*)**

- **Выбор ключевого показателя эффективности (*IRR, NPV* и др.)**
- **Выбор факторов, отражающих риск**
- **Установление номинальных и предельных (нижних и верхних) значений факторов**
- **Расчет ключевого показателя для всех выбранных предельных значений факторов**
- **Построение графика чувствительности для всех факторов**

# Анализ чувствительности к изменению факторов



# **Анализ вероятностных распределений**

- **Определяются прогнозные оценки доходности и вероятностей их реализации**
- **Рассчитывается наиболее вероятная доходность**
- **Определяется стандартное отклонение и коэффициент вариации**

**Применяется в банковской деятельности при оценке кредитного риска и определении стоимости кредитного обязательства**

# Деревья решений

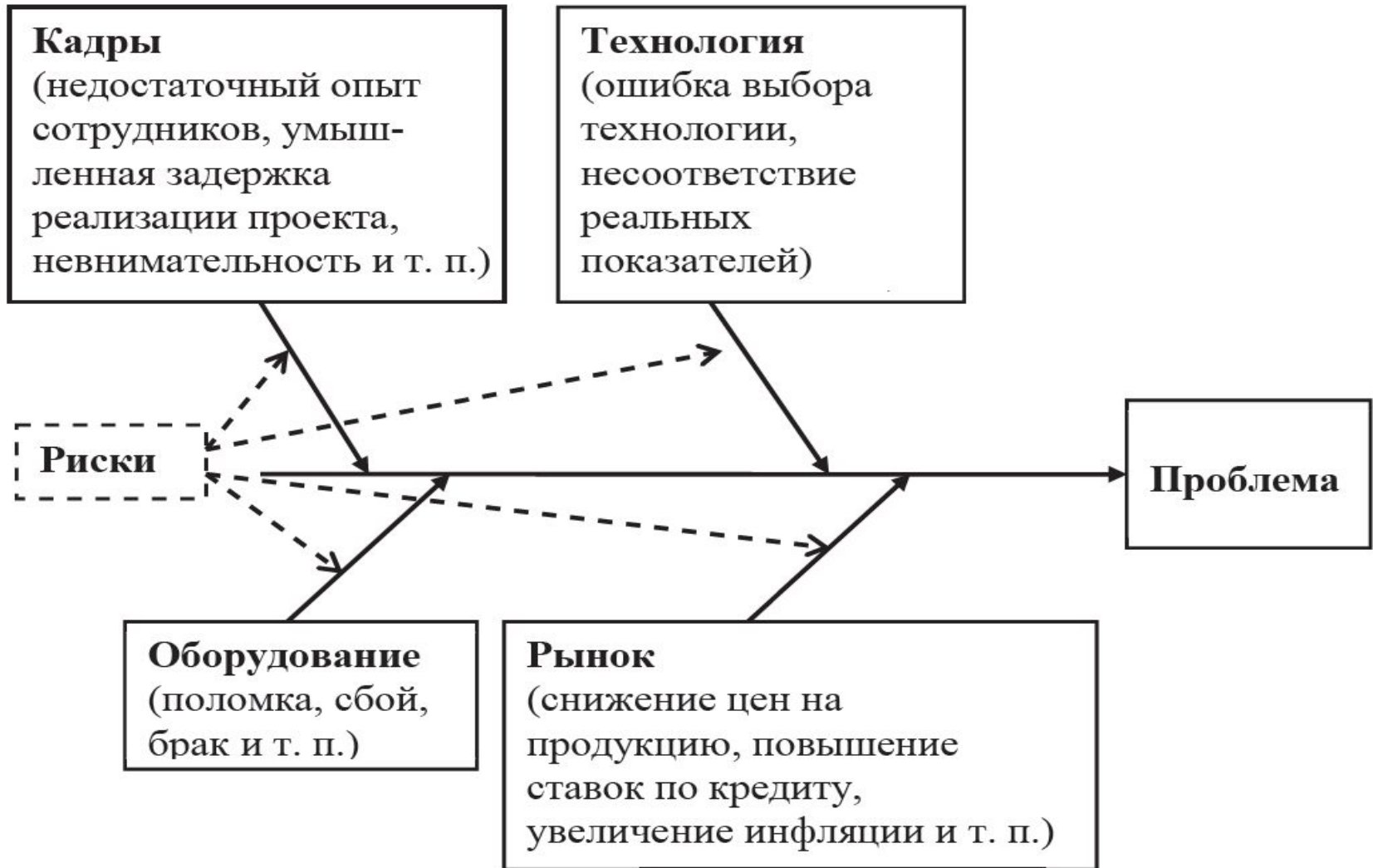
- **Метод основан на формировании ориентированного графа, вершинами которого являются отдельные решения, дугами – последствия их реализации**
- **Каждая дуга имеет вероятностную оценку, которая и характеризует уровень риска**
- **Схема визуально имеет вид дерева**
- **Одним из вариантов применения данного метода для оценки кредитного риска является матрица переходных вероятностей**

# Матрица переходных вероятностей американских компаний (S&P)

Начальный рейтинг	Рейтинг на конец года							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Default
AAA	90.81	8.33	0.68	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00
AA	0.70	90.65	7.79	0.64	0.06	0.14	0.02	0.00
A	0.09	2.27	91.05	5.52	0.74	0.26	0.01	0.06
BBB	0.02	0.33	5.95	86.93	5.30	1.17	0.12	0.18
BB	0.03	0.14	0.67	7.73	80.53	8.84	1.00	1.06
B	0.00	0.11	0.24	0.43	6.48	83.46	4.07	5.20
C	0.22	0.00	0.22	1.30	2.38	11.24	64.86	19.79



# Диаграмма Ишикавы – разновидность дерева решений



# Метод сценариев

<b>Группы сценариев</b>	<b>Комментарии</b>
<b>Стандартные</b>	Сдвиг кривой доходности, рекомендован для «стандартизированного» анализа процентного риска Базельским комитетом по банковскому надзору
<b>Прогнозные</b>	Оценивает ожидаемый риск и по своей сути ближе к прогнозу, чем к оценке риска. Часто характерна различная динамика ставок по кратко- и долгосрочным инструментам
<b>VaR-сценарии</b>	Получаются на основе моделирования Value at Risk по базовым процентным инструментам, формирующим кривую доходности
<b>Чрезвычайные</b>	Характеризуют возможную кризисную ситуацию (с выходом за пределы умеренно-неблагоприятного доверительного уровня VaR)

# Методика, основанная на теории нечетких множеств

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Теория реальных опционов

- Термин «реальный опцион» впервые был введен С. Майерсом
- Реальный опцион: инвестор может предпринять определенные действия при благоприятном развитии ситуации, но не обязан это делать в обратном случае
- Приложение теории финансовых опционов к реальным активам
- Модели Блэка-Шоулза, Мертона и др.

# Процесс анализа риска методом имитационного моделирования

<p><b>Прогнозная модель</b> Подготовка модели, способной прогнозировать расчет эффективности проекта</p>	→	<p><b>Распределение вероятности (шаг 1)</b> Определение вероятностного закона распределения случайных переменных</p>	→	<p><b>Распределение вероятности (шаг 2)</b> Установление границ диапазона значений переменных</p>	→
→	<p><b>Условия корреляции</b> Установление отношений коррелированных переменных</p>	→	<p><b>Имитационные прогоны</b> Генерирование случайных сценариев, основанных на наборе допущений</p>	→	<p><b>Анализ результатов</b> Статистический анализ результатов имитации</p>

# Сравнительная характеристика

Метод	Достоинства	Недостатки
Метод корректировки нормы дисконта	<ul style="list-style-type: none"><li>• Простота расчетов;</li><li>• Доступность;</li><li>• Возможность учета целого комплекса рисков</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Не дает информации о степени риска;</li><li>– Увеличение риска во времени предполагается с постоянным коэффициентом, что не всегда оправдано;</li><li>– Не несет информации о вероятностных распределениях будущих потоков платежей и не позволяет получить их оценку;</li><li>– Зависит только от нормы дисконта, что ограничивает возможности моделирования различных вариантов развития событий</li></ul>
Метод достоверных эквивалентов	<ul style="list-style-type: none"><li>– Осуществляется приведение ожидаемых поступлений к величинам платежей</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Сложность расчетов;</li><li>– Невозможно провести анализ вероятностных распределений ключевых параметров</li></ul>

Метод	Достоинства	Недостатки
Анализ чувствительности критериев эффективности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность учета влияния отдельных исходных факторов на конечный результат проекта;</li> <li>– Графическая наглядность;</li> <li>– Доступность;</li> <li>– Простота расчетов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Однофакторность — изменение каждого фактора рассматривается изолированно, тогда как на практике все экономические факторы в разной степени коррелированы</li> </ul>
Анализ вероятностных распределений	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность получить необходимую для принятия решений информацию об ожидаемых значениях NPV и чистых поступлениях, а также провести анализ их вероятностных распределений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Применение метода предполагает, что вероятности для всех вариантов денежных поступлений известны либо могут быть точно определены;</li> <li>– Распределение вероятностей субъективно</li> </ul>
Деревья решений	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Наличие четких правил формирования итоговых вероятностных оценок;</li> <li>– Учет взаимосвязей отдельных этапов (решений);</li> <li>– Возможность учета различных вариантов развития событий;</li> <li>– Полезен в ситуациях, когда решения, принимаемые в каждый момент времени, зависят от решений, принятых ранее</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограничение числа вариантов развития;</li> <li>– Сложность определения вероятностей</li> </ul>
Метод сценариев	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность учета влияния комплекса малоформализуемых факторов;</li> <li>– Предоставляет информацию о возможных отклонениях</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Значительные затраты времени;</li> <li>– Сложность;</li> <li>– Возможность высокой степени субъективизма</li> </ul>

Метод	Достоинства	Недостатки
Метод Монте-Карло	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность учета различных вариантов развития событий;</li> <li>– Хорошо сочетается с другими экономико-статистическими методами, с теорией игр и другими методами исследования операций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сложность для реализации (необходимо определить закон распределения);</li> <li>– Необходимость специального программного обеспечения</li> </ul>
Метод теории нечетких множеств	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Гибкость;</li> <li>– Простота</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сложность расчетов;</li> <li>– Основан на необходимости прогнозировать возможные значения NPV, без описания того, как это предполагается делать в условиях, близких к неопределенности</li> </ul>
Метод реальных опционов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Гибкость;</li> <li>– Универсальность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сложность оценки реальных опционов;</li> <li>– Не существует единой универсальной методики</li> </ul>



# Имитационная модель ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

- **Детерминированные переменные:**

$F$  – постоянные затраты

$A$  – амортизация

$T$  – налоговые отчисления

$r$  – ставка (норма) дисконтирования

$n$  – срок реализации проекта (кол-во лет)

$I$  – начальные инвестиции (при  $t=0$ )

- **Стохастические переменные:**

$Q$  – объем продаж

$P$  – цена за единицу продукции

$V$  – переменные затраты

# Имитационная модель инвестиционного проекта

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Меры риска:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Требования к модели:

- **Задавать ключевые параметры, как постоянные, так и случайные**
- **Проводить серию симуляций для построения эмпирического распределения величин *NCF<sub>t</sub>* и *NPV***
- **Проводить статистический анализ результатов симуляций**
- **Проводить анализ риска инвестиционного проекта при воздействии на него финансового рычага**

### Модель инвестиционного проекта

#### Постоянные факторы модели

Постоянные затраты:

Амортизация:

Налог на прибыль:

Норма дисконта:

Срок реализации проекта:

Начальные инвестиции:

Число экспериментов:

Доля заемного капитала (%):

#### Переменные факторы модели

Значения переменных факторов  
распределены по следующим законам  
вероятности:

Цена   
Генератор СВ

Объем выпускаемой  
продукции   
Генератор СВ

Переменные затраты   
Генератор СВ

#### Значение платы за заемный капитал

Начальное значение:

### Анализ результатов имитационного моделирования методом Монте-Карло

<b>The Initial Investments</b>	<b>2000</b>	<b>Norm of Discount</b>	<b>0.1</b>
<b>Constant Expenses</b>	<b>500</b>	<b>The Tax to Profit</b>	<b>0.6</b>
<b>Amortization</b>	<b>100</b>	<b>Term of The Project</b>	<b>5</b>

	Price	Quantity	Variance exp.	NCFt	NPV
Mean	47.43080025	200.0136165	29.25308655	1316.94431732207	2992.25509415213
Std.Error	0.176437409955804	1.77476658243307	0.111325054200174	21.8726779381311	82.9146581393993
Median	47.8439375	201.1252125	29.1990750000001	1263.96201445026	2791.41048141288
Moda	48.6722281021898	203.646414885496	29.6006932835821	1249.59176802247	2736.93594138129
Std.Dev.	5.57944079921209	56.1230471564147	3.52040731914243	691.674808118096	2621.99171134721
Variance	31.1301596319124	3149.79642212115	12.3932676926716	478414.040185205	6874840.53437345
Kurtosis	-0.115051743159158	-0.0611835281652552	-0.028945980647377	0.45228181079301	0.452281810793024
Skewness	-0.113865476464294	-0.0290448507856909	0.125063615957604	0.555759023209309	0.555759023209308
Minimum	29.1981249999999	22.6023499999996	17.964	-476.927230010009	-3807.92943349256
Maximum	63.0971250000001	404.03235	40.08015	4108.48096672002	13574.3752910087
Intervall	33.89900000000002	381.43	22.11615	4585.40819673003	17382.3047245013
Sum	47430.80025	200013.6165	29253.08655	1316944.31732207	2992255.09415214
Count	1000	1000	1000	1000	1000
95% confid.lim.	0.345817323513376	3.47854250156881	0.21819710623234	42.8704487587369	162.512729953223
Number of NPV<0	0	0	0	0	118
Sum of loses	0	0	0	0	-105839.3295797
Sum of Profits	0	0	0	0	3098094.42373184

# Исходные данные для моделирования:

- постоянные затраты  $F = 500$
- амортизация  $A = 100$
- налоговые отчисления  $T = 60\%$
- норма дисконта  $r = 10\%$
- срок реализации проекта  $n = 5$  лет
- начальные инвестиции  $I = 2000$
- количество имитаций  $1000$

# Распределение значений стохастических переменных:

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

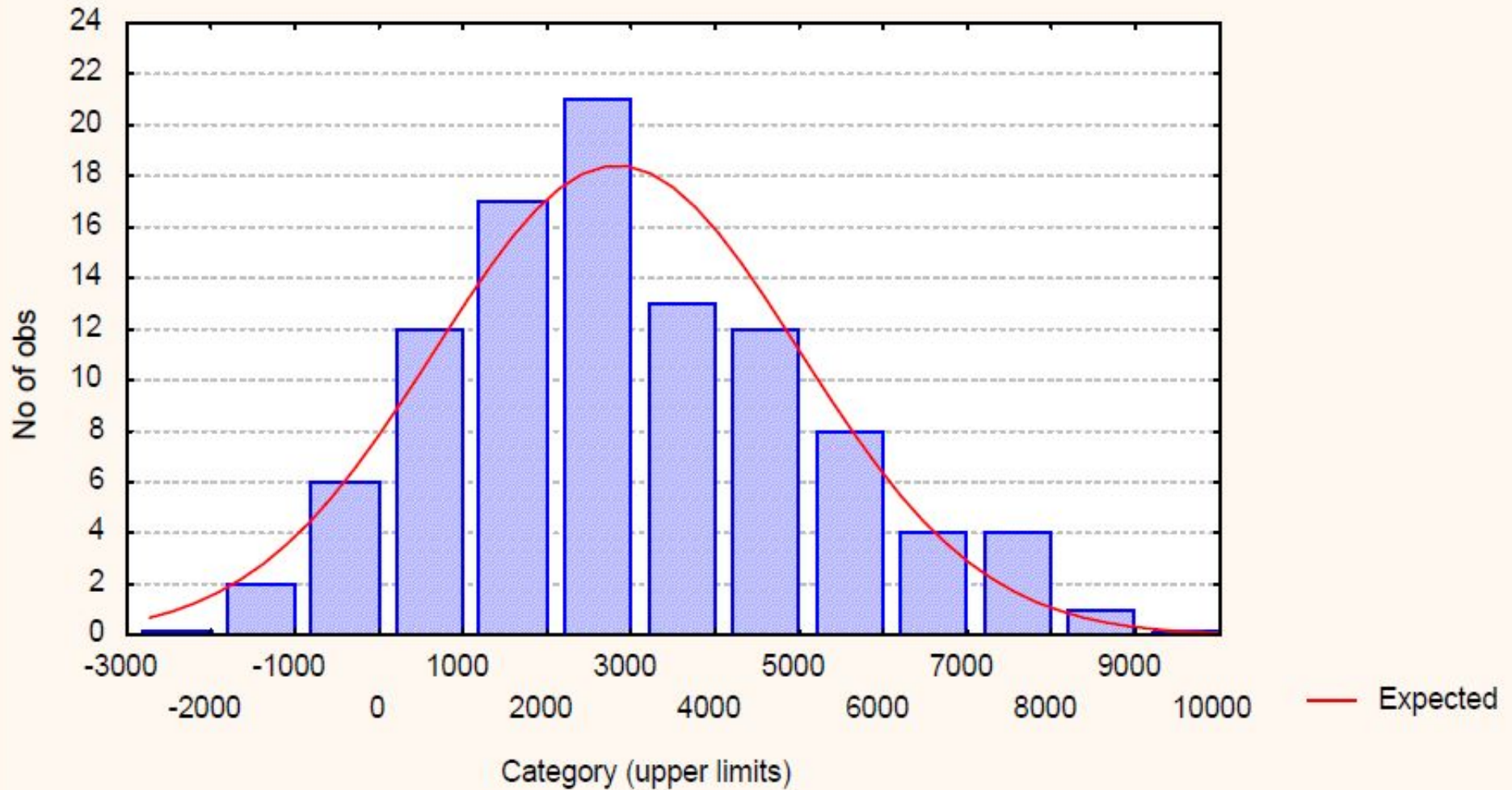
(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )



Variable NPV ; distribution: Normal

Kolmogorov-Smirnov d = .0491962, p = n.s.

Chi-Square: 3.058356, df = 5, p = .6909897 (df adjusted)



# Проверка гипотезы о нормальном характере распределения $NPV$

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд

- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )

# Анализ риска при воздействии финансового рычага

- Пусть  $t = 1, 2, \dots$  - моменты времени, когда могут наступить страховые случаи
- Событие  $H_i$  - страховой случай не наступит в момент времени  $t = i$ , это событие не зависит от  $i$  и любая группа таких событий независима в совокупности,  $P(H_i) = p$ ,  $P(\bar{H}_i) = q$
- Пусть  $A_n$  - событие, что до момента  $t = n$  не произойдет три страховых случая подряд
- Полная группа событий:

$$B_1 = H_1, B_2 = \bar{H}_1 H_2, B_3 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 H_3, B_4 = \bar{H}_1 \bar{H}_2 \bar{H}_3$$

- По формуле полной вероятности:

$$P(A_n) = r_n = \sum_{i=1}^4 P(A_n/B_i) \cdot P(B_i)$$

- Для  $n \geq 3$  справедливо рекуррентное соотношение:

$$r_n = pr_{n-1} + pqr_{n-2} + pq^2r_{n-3}$$

(ввиду независимости событий  $H_1, H_2, H_3$ )