

**Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича**
Факультет Экономики и Управления
Кафедра Управления и Моделирования
в социально-экономических системах

**АНАЛИЗ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
ПРОЕКТОВ
НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
И ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

Содержание презентации

- Проблемы анализа влияния рисков на финансовые результаты инвестиционных проектов (ИП)
- Риски кредиторов
- Подход к анализу рисков с точки зрения функций чувствительности
- Теория нечетких множеств, как альтернатива вероятностному подходу

Основные определения:

- **Бизнес-процесс** – последовательная смена состояний системы при взаимодействии ее с внешним окружением.
- **Владелец процесса** – лицо, контролирующее бизнес-процесс и/или управляющее им, а также получающее выгоды (убытки) от протекания процесса в благоприятном (неблагоприятном) направлении.
- **Выгода (ущерб)** – измеренное количественно или качественно позитивное (негативное) влияние, оказываемое со стороны процесса на своего владельца.
- **Благоприятное (неблагоприятное) развитие процесса** – такое, в результате которого данный владелец процесса получает выгоду (ущерб).
- **Возможность** – мера осуществимости, допустимости чего-либо. Областью значений возможности является единичный интервал $[0,1]$. Крайние точки: 0 – событие (ситуация) невозможна; 1 – событие (ситуация) неизбежна.
- **Риск** – это возможность неблагоприятного развития процесса для данного владельца.
- **Шанс** - это возможность благоприятного развития процесса для данного владельца.

Проблемы современного риск-анализа

Результаты воздействия рисков всегда субъектно-ориентированы (инвесторы, кредиторы, менеджеры и персонал). Оценки рискованности и отношения к риску у всех субъектов различные.

В литературе и на практике существует множество качественных методов риск-анализа. В имеющихся количественных методах не вполне адекватно используется теория вероятности.

Существующий весьма скудный инструментарий количественного риск-анализа плохо приспособлен к практическим нуждам разработчиков и менеджеров.

При анализе влияния рисков

следует различать:

ИСТОЧНИКИ РИСКОВ

И

РИСКОВЫЕ СОБЫТИЯ

Источники рисков могут породить или не породить те или иные рисковые события, влияющие на проект.

Классификация источников риска

1. Внешние источники рисков (вне фирмы)

- 1.1. **Политические** (изменение внутренней и внешней политики государства, колебания международных отношений, таможенные пошлины, эмбарго, квоты на ввоз и вывоз капитала, ограничения на торговлю, международные санкции, смена правительства)
- 1.2. **Макроэкономические** (рост инфляции, колебания курсов иностранной валюты и валютное регулирование, колебание мировых цен на сырье, энергоносители, состояние фондового и финансового рынков, высокая ставка рефинансирования ЦБ РФ, спад или подъем экономики в стране)
- 1.3. **Юридические** (изменения правовых норм в бизнесе, лицензирование, антимонопольное регулирование, нестабильность налогового законодательства, акцизы, штрафные санкции, правовая незащищенность бизнеса)
- 1.4. **Региональные** (экономическое положение региона, степень развитости инфраструктуры, особенности географического положения, климат, регион-донор или дотационный)
- 1.5. **Отраслевые** (экономическое положение и инвестиционная привлекательность отрасли, фирма производит конечный продукт или полуфабрикат)
- 1.6. **Рыночные** (колебания платежеспособного спроса потребителей, влияние конкурентной среды, неустойчивость рынка поставщиков сырья, энергоресурсов, комплектующих, колебания процентных и депозитных ставок коммерческих банков, рост тарифов естественных монополий)
- 1.7. **Форс-мажор** (непредвиденные ситуации, стихийные бедствия, ЧП)

Классификация источников риска

(продолжение)

2. Внутренние источники рисков (внутри фирмы)

- 2.1. **Организационные** (неэффективность системы управления, недостаточный опыт и невысокое качество работы менеджеров)
- 2.2. **Технологические** (низкое качество технологических решений, недостатки в системе контроля технологических процессов и качества производимых товаров, физическая и моральная изношенность основных фондов)
- 2.3. **Проектные** (низкое качество проработки проекта, несогласованность проекта с внешней средой)
- 2.4. **Маркетинговые** (неадекватность оценки платежеспособного спроса, не гибкая ценовая политика, недооценка возможностей конкурентов)
- 2.5. **Финансовые** (недостаточность собственных финансовых ресурсов для инвестиций, ошибки в управлении финансами, недостаточность необходимых оборотных средств, неэффективное управление дебиторской и кредиторской задолженностью)
- 2.6. **Юридические** (ненадежность контрактов с поставщиками и потребителями, недостаточное правовое сопровождение бизнеса, действия менеджеров вне правового поля, арбитражные случаи)
- 2.7. **Персональные** (низкая квалификация и мотивация персонала, низкая приверженность персонала, низкая трудовая дисциплина)

Методология риск-анализа

На этапе проектирования:

- Качественный анализ источников риска для конкретного бизнес-проекта с целью выявления возможных рисков событий.
- Выбор риск-параметров динамической модели Cash-Flow, для моделирования влияния рисков событий на финансовые результаты и показатели проекта.
- Прогнозный количественный риск-анализ проекта (оценка основных индикаторов риска).
- Разработка мероприятий по снижению влияния рисков.

На этапе реализации проекта:

- Мониторинг технологических, инвестиционных, коммерческих и финансовых результатов проекта в каждом периоде планирования.
- Корректировка проекта на основе анализа расхождений прогноза и фактических результатов. Динамика индикаторов риска.

Показатели риска кредиторов

Коэффициент текущей задолженности:

$$КТЗ_t = \frac{ОНС_t}{СОФ_t + ЧП_t + А_t + НС_t} \times 100\%$$

ОНС_t – остаток непогашенных ссуд (долг к моменту **t**)

СОФ_t – стоимость основных фондов с учетом ликвидности

ЧП_t – чистая прибыль

А_t – амортизационные отчисления

НС_t – накопленные денежные средства к началу периода **t**

Требования к $КТЗ(t)$

- Если данный коэффициент меньше единицы во всех периодах горизонта планирования, то это означает, что для кредитора отсутствует риск понести убытки от фирмы, реализующей ИП в случае ее банкротства.
- По европейским нормам этот показатель не должен превышать **0,75**.
- Таким образом кредитор страхует себя от риска банкротства фирмы, реализующей проект.

Снижение риска кредитора

- Для снижения $КТЗ(t)$ до приемлемой величины можно уменьшить объем заемных средств за счет увеличения собственных вложений.
- При этом происходит перераспределение рисков: снижается риск кредитора и увеличивается риск собственников проекта.

Показатели риска кредиторов

(продолжение)

Коэффициент покрытия погашения ссуды и процентов

$$КППСуП_t = \frac{НС_t + ЧП_t + П_t + А_t + ПЗС_t + ВУК_t - И_t}{П_t + ПС_t}$$

$НС_t$ – накопленные денежные средства к началу периода t

$ЧП_t$ – чистая прибыль после уплаты процентов по кредитам

$П_t$ – проценты по кредиту

$А_t$ – амортизационные отчисления

$ПЗС_t$ – полученные заемные средства в данном периоде

$ВУК_t$ – вложения в уставной капитал

$И_t$ – инвестиции в данном периоде

$ПС_t$ – погашение ссуды (долга) в данном периоде

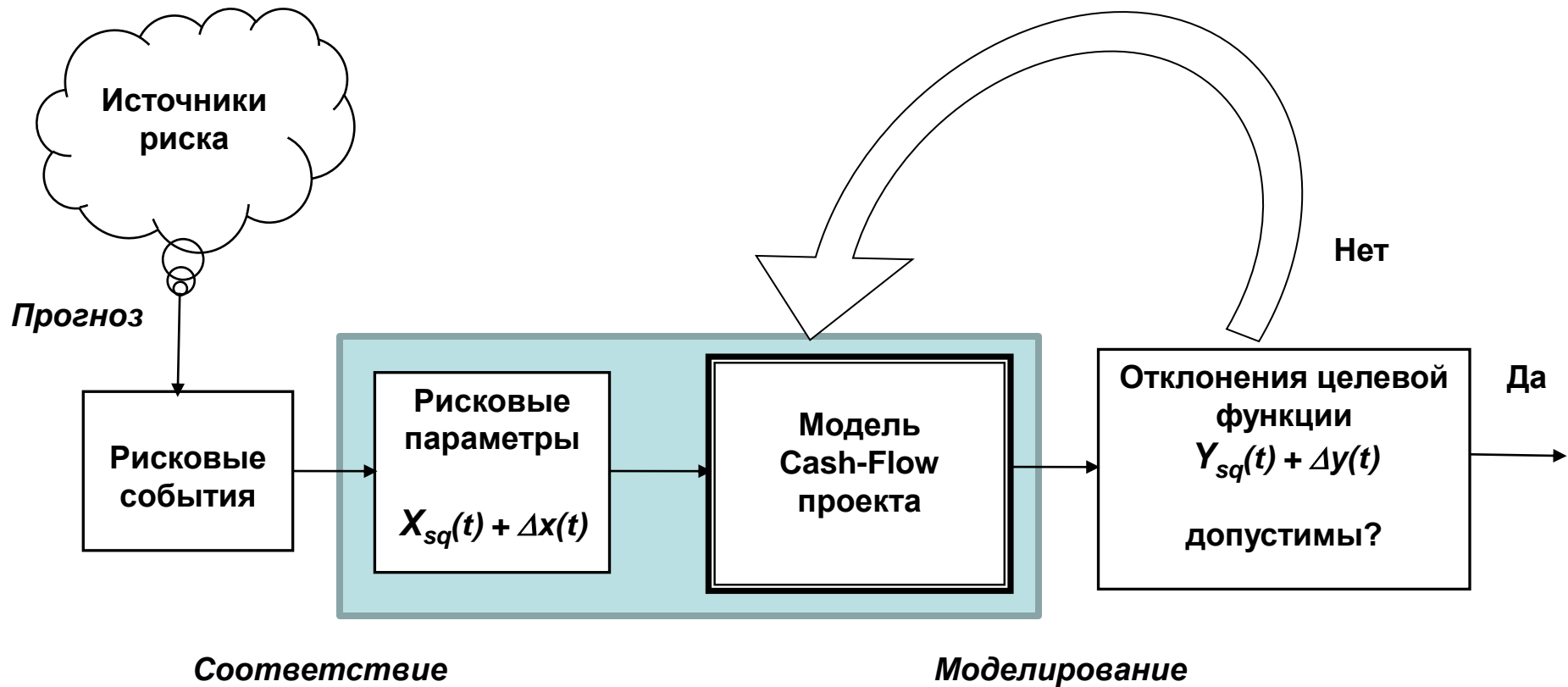
Требования к $KППCuП(t)$

- В случае если $KППCuП < 1$, собственных средств для полного обслуживания задолженности не хватает и погашение взятых обязательств возможно лишь за счет привлечения в данном периоде новых кредитов.
- При значениях $1 \leq KППCuП \leq 1.5$ можно говорить о существовании зоны риска по выполнению кредитного соглашения.
- Если значение данного показателя больше **1,5** – можно говорить о практическом отсутствии риска исполнения кредитного договора.

Снижение риска кредитора

Для увеличения $KППCuП(t)$ в периоде t следует уменьшить долю погашения ссуды в этом периоде, отложив погашение на последующие периоды. Это ведет к увеличению срока кредитования и росту процентных платежей.

Моделирование влияния рисковых событий на инвестиционный проект



Варианты целевых функций:

- **$NPV(T)$** (Net Present Value) – чистая текущая стоимость проекта к моменту T
- **$ADNCF(T)$** (Accumulated Discount Net Cash-Flow) – накопленный чистый дисконтированный денежный поток генерируемый проектом к моменту T
- **$ANCF(T)$** (Accumulated Net Cash-Flow) – накопленный чистый денежный поток генерируемый проектом к моменту T (без дисконтирования)
- **$ANP(T)$** (Accumulated Net Profit) – накопленная чистая прибыль генерируемая проектом к моменту T
- **$ASCF(T)$** (Accumulated Saldo Cash-Flow) – накопленное сальдо денежных потоков (состояние расчетного счета проекта) к моменту T

Определение функции чувствительности проекта к рискам

- Целевая функция: $Y(x, t)$
- Риск-параметры: $x_i(t)$
- Относительная функция чувствительности:

$$S_{x_i}^Y = \frac{\partial Y / Y}{\partial x_i / x_i} \approx \frac{\Delta Y / Y}{\Delta x_i / x_i}$$

Экономический смысл

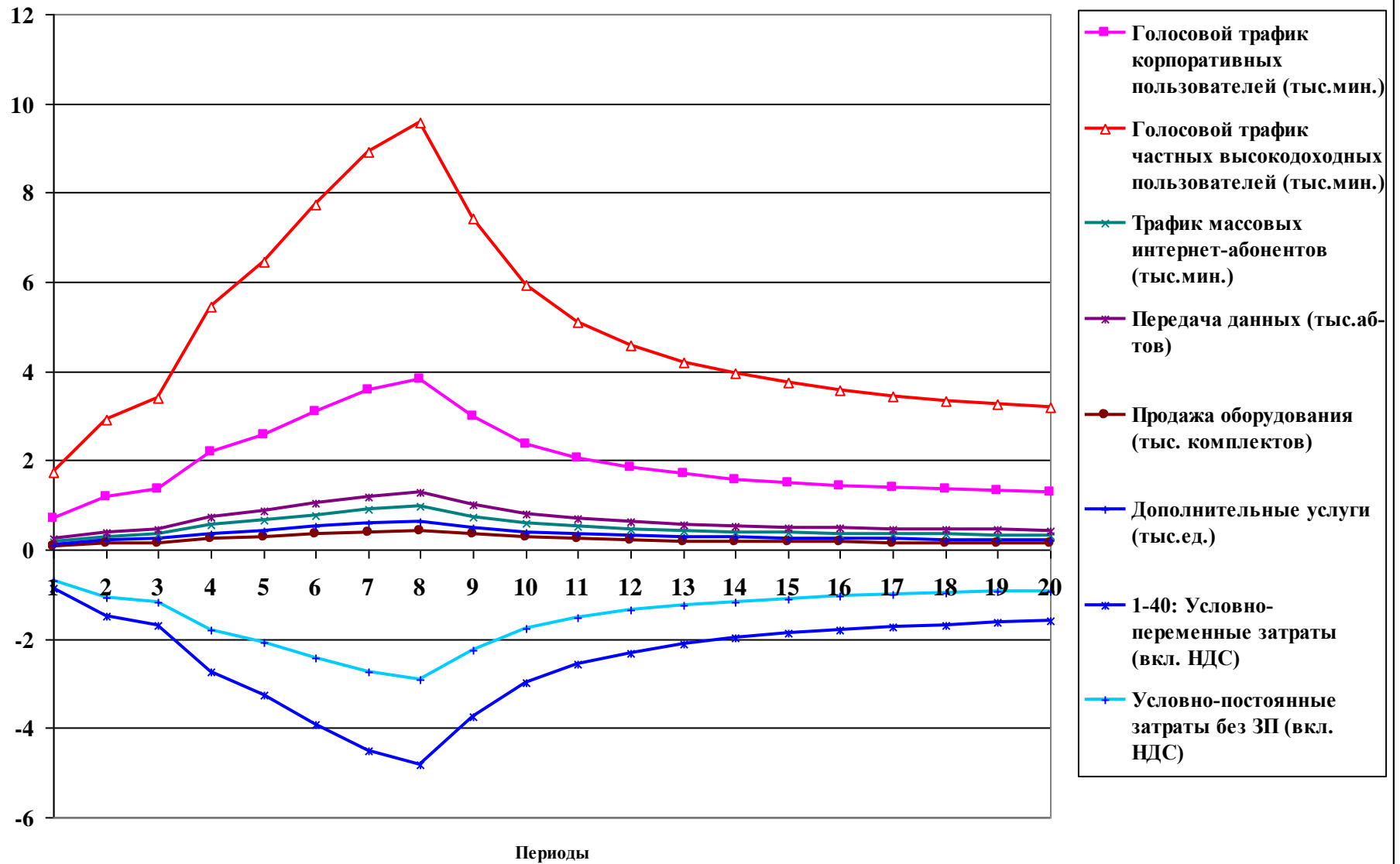
Функция чувствительности показывает на сколько процентов изменится целевая функция при изменении риск-параметра на один процент.

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_{x_i}^Y(t) \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

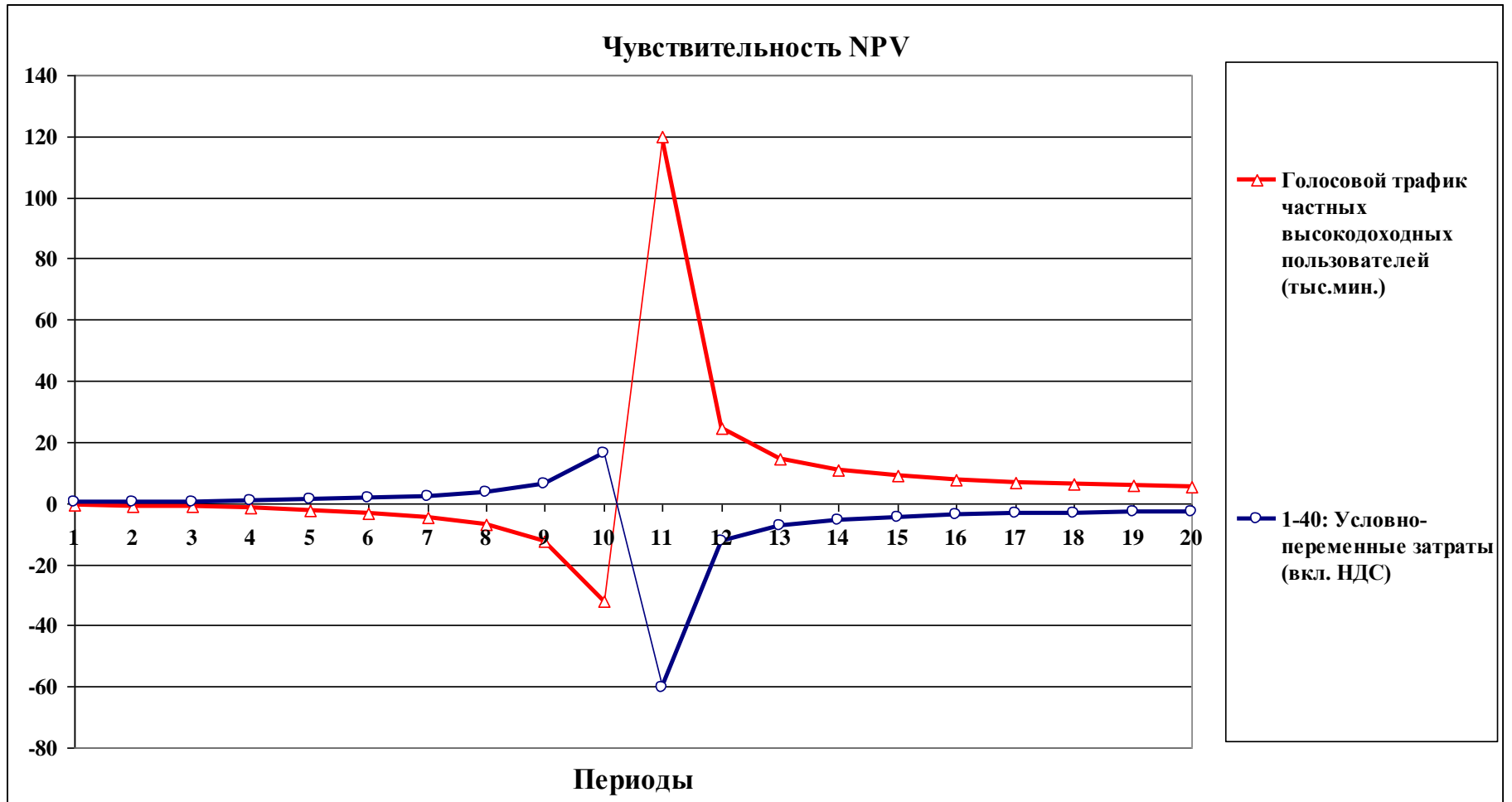
Свойства функций чувствительности (для всех целевых функций, кроме NPV)

- $S(t) \geq 0$ для всех t по всем ценам и натуральным объемам продаж товаров, реализуемых в рамках инвестиционного проекта. Если для натурального объема продаж какого-то товара $S(t) < 0$, это значит, что данный товар продается ниже себестоимости.
- $S(t) \leq 0$ для всех t по всем статьям текущих расходов, а также по ставке процента коммерческих кредитов.

Чувствительности накопленного сальдо финансовых потоков (ASCF)



Чувствительность NPV



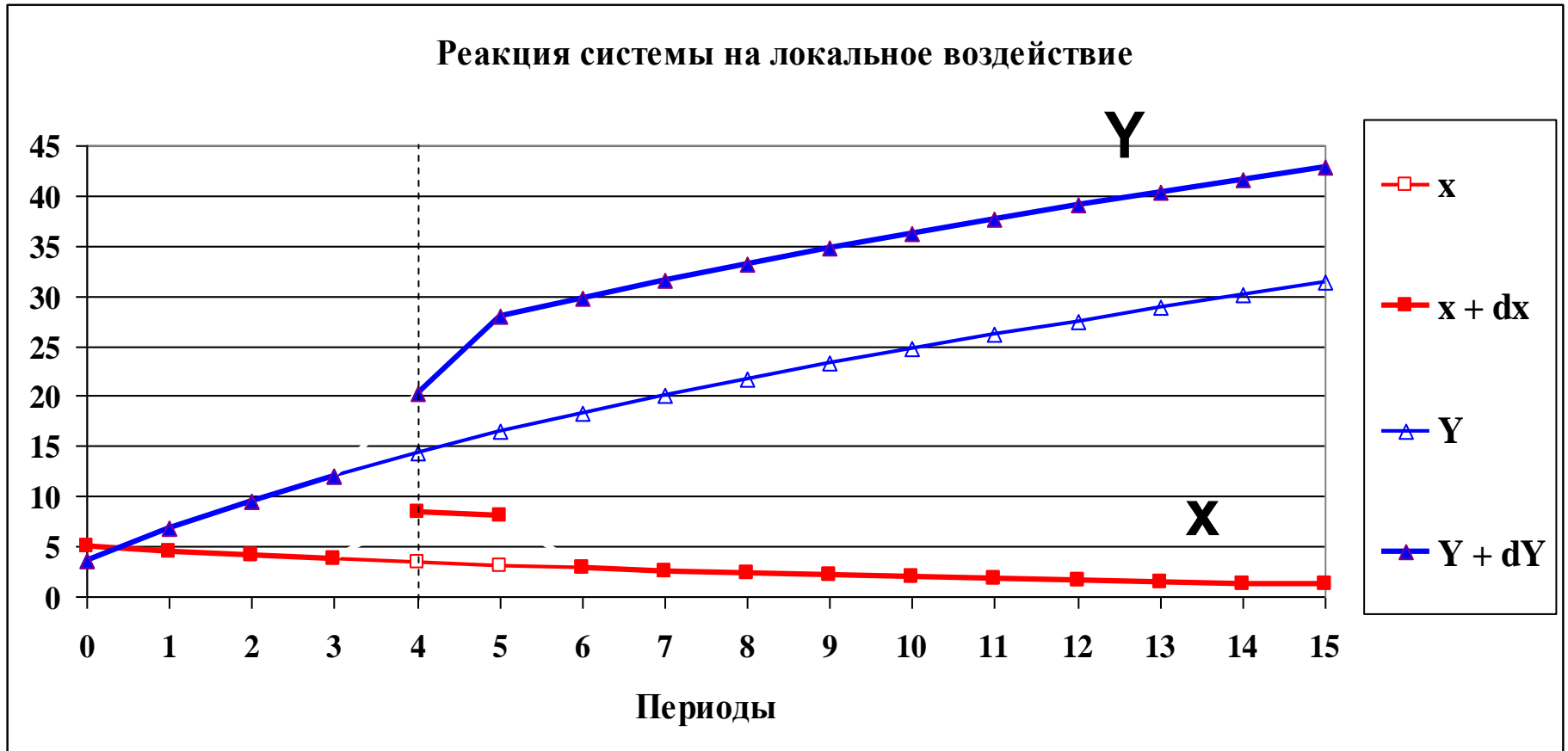
Что дает знание функций чувствительности?

- Позволяет ранжировать риски, выделяя наиболее существенные.
- Позволяет определить наиболее «опасный» период жизни проекта.
- Позволяет количественно сравнивать степени рискованности сценариев или различных проектов между собой.
- Позволяет оценить влияние на проект совокупности рисков.

Локальная чувствительность (LS) (определение)

- чувствительность при локальном (краткосрочном во времени) воздействии риск-параметра, т.е. когда его отклонение имеет место только в течение одного или нескольких периодов, существенно меньших общего горизонта планирования

Реакция системы на локальное воздействие

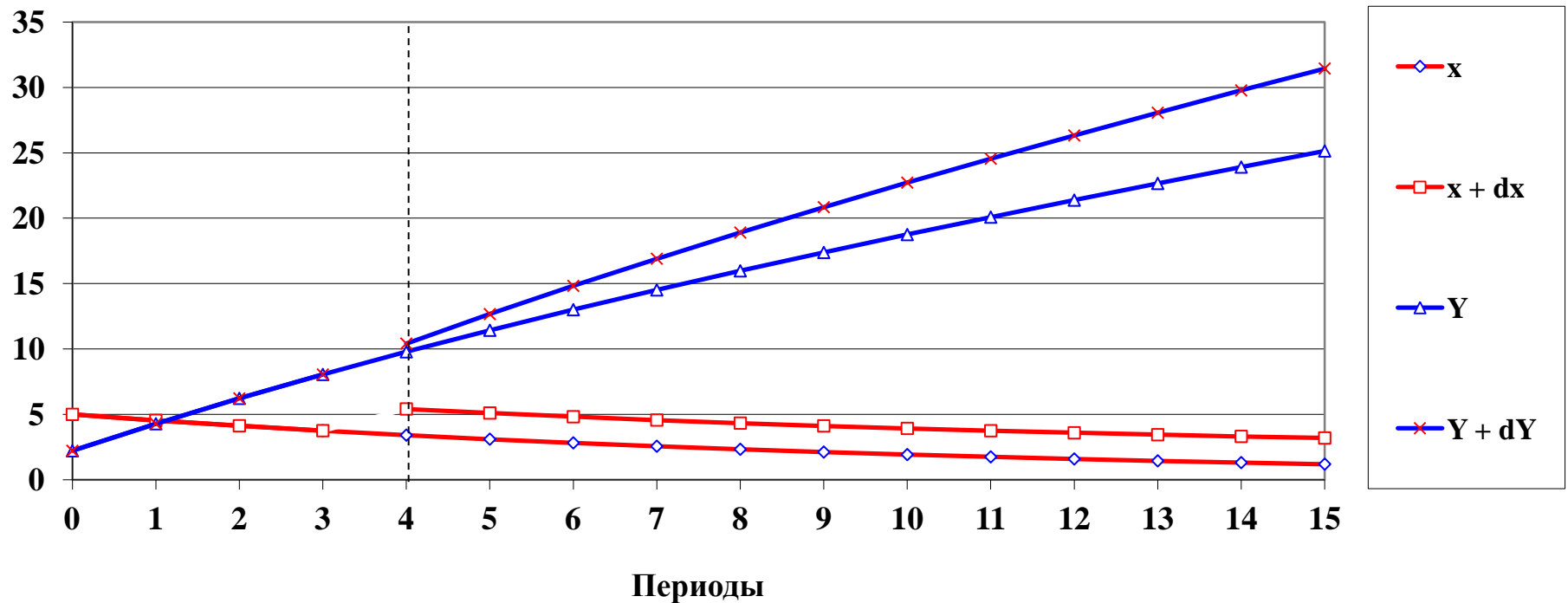


Глобальная чувствительность (GS) (определение)

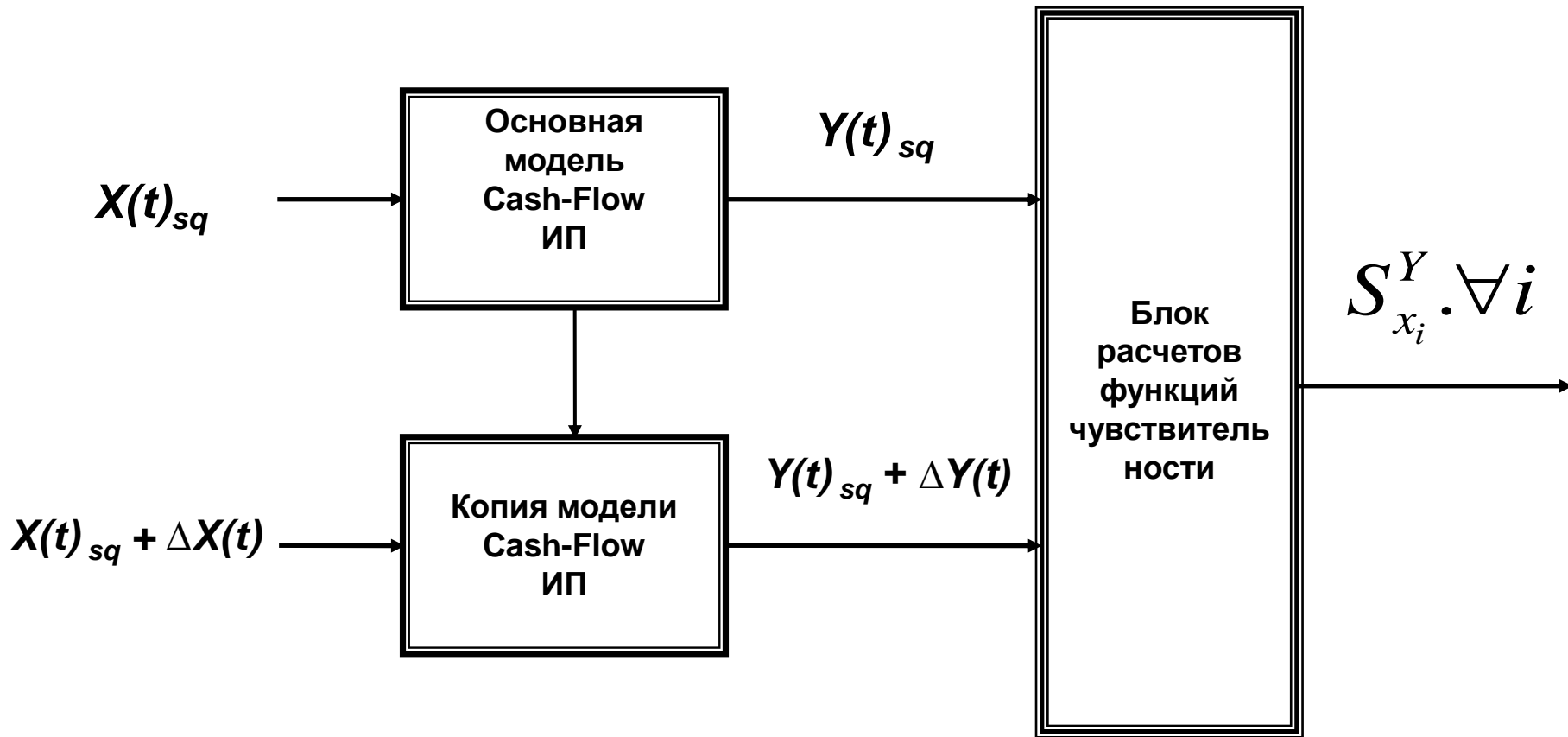
- чувствительность при глобальном (длительном по времени) воздействии риск-параметра, т.е. когда его отклонение, начиная с некоторого момента, может длиться вплоть до конца горизонта планирования

Реакция системы на глобальное воздействие

Реакция системы на глобальное воздействие



Модель расчета функций чувствительности



Рисковые характеристики сценария реализации проекта

Функции чувствительности вместе с показателями эффективности являются важными характеристиками проекта.

Знание этих характеристик существенно расширяет представление о реализуемости ИП в условиях риска.

Принимая решение о выборе того или иного возможного варианта (сценария) финансового прогноза, при прочих равных условиях следует отдавать предпочтение варианту с наименьшей чувствительностью.

Как же сравнивать сценарии и различные проекты между собой по степени их рискованности?

Влияние совокупности рисков

Если определены чувствительности независимо по всем N риск-параметрам, то можно выразить полное относительное отклонение целевой функции через относительные отклонения аргументов в следующем виде:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \sum_{i=1}^N S_{x_i}^Y \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

Минимизация чувствительности при выборе сценария

Выбираем тот вариант сценария, у которого:

$$\sum_{i=1}^N \text{MAX} \left| S_{x_i}^Y(t) \right|_{\forall t} \Rightarrow \text{MIN}$$

Для большей информативности можно разбить все риск-параметры на следующие группы:

- ***Натуральные объемы продаж***
- ***Статьи текущих условно-постоянных и условно-переменных затрат***
- ***Инвестиционные затраты***

Индекс максимальной чувствительности к объемам продаж

- X_q – вектор натуральных объемов продаж по всем позициям ассортимента из M товаров
- M – количество реализуемых товаров в ассортименте

$$\sum_{i=1}^M \max \left| S_{x_{qi}}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} = IMSQ$$

Индекс максимальной чувствительности к текущим издержкам

X_c – вектор из L статей текущих издержек

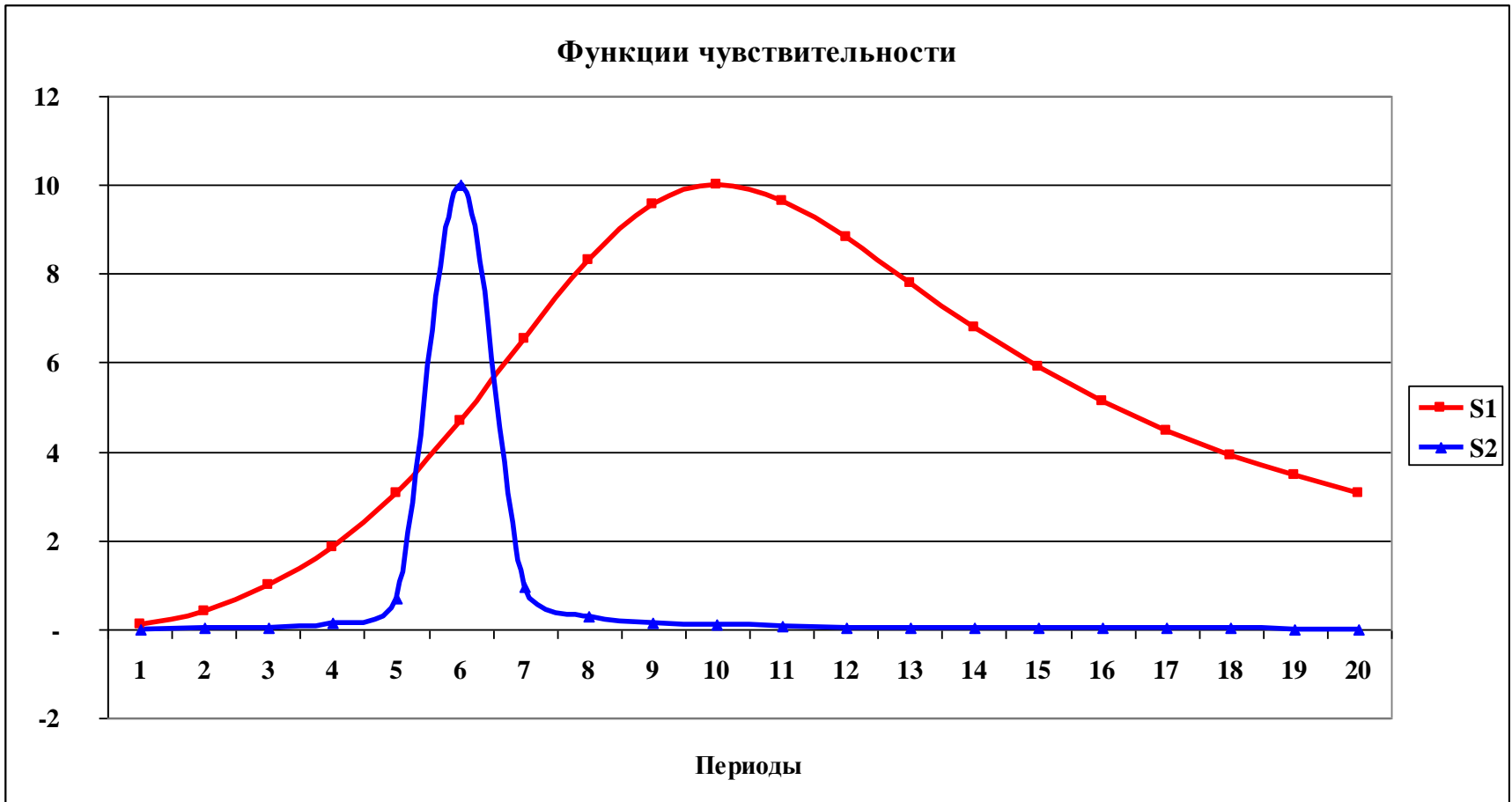
$$\sum_{i=1}^L \max \left| S_{x_{ci}}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} = IMSC$$

Индекс максимальной чувствительности к инвестиционным затратам

X_{In} – вектор из K статей инвестиционных затрат

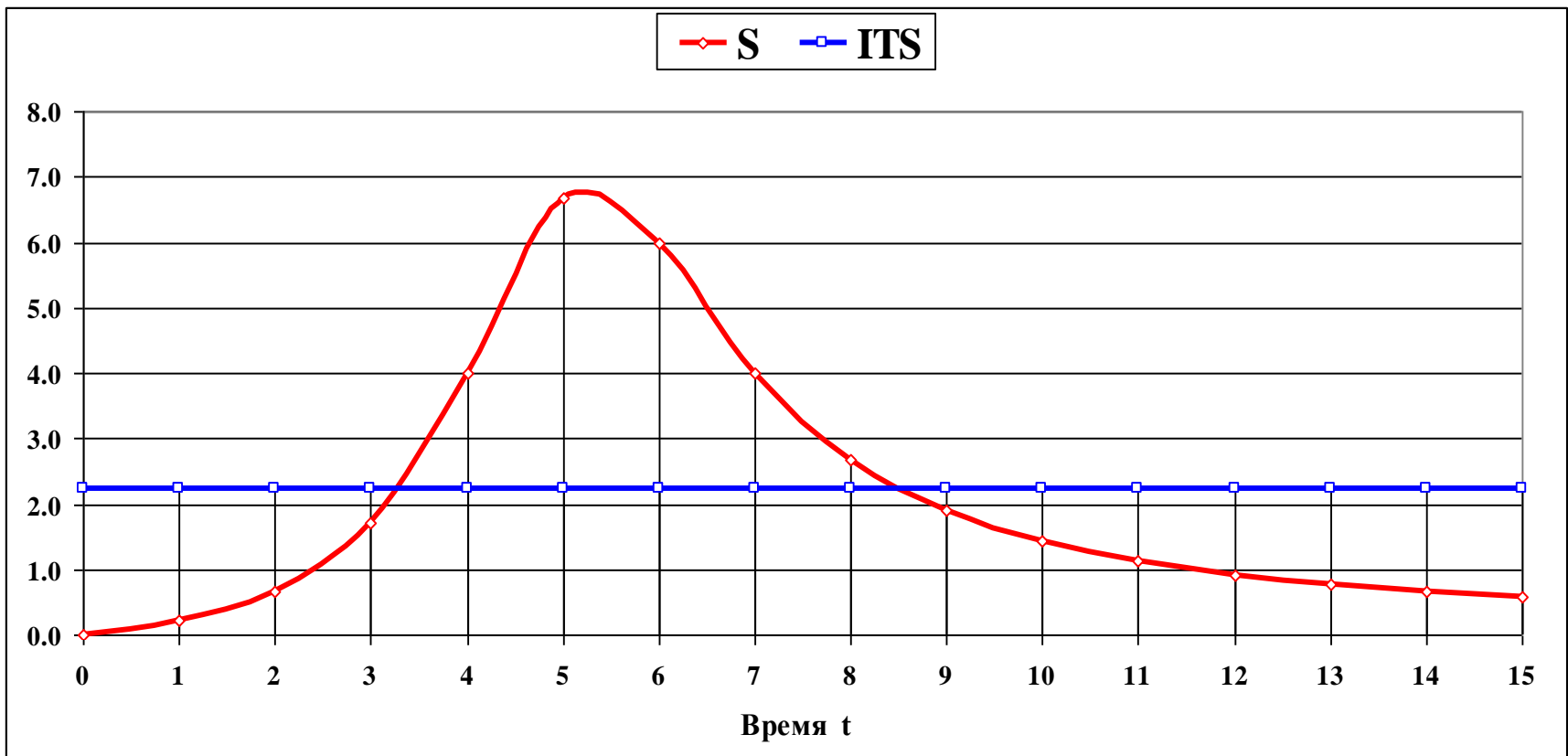
$$\sum_{i=1}^K \max \left| S_{x_{In\ i}}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} = IMSI$$

Случай, когда экстремальные значения не вполне информативны



Индекс полной чувствительности

$$ITS = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt$$



Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж при прямоугольной аппроксимации

- Xq – вектор натуральных объемов продаж по всем позициям ассортимента из M товаров
- T – горизонт планирования

$$\frac{1}{T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=1}^T \left| S_{x_{qi}}^Y(t) \right| = ITSQ$$

Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж при трапецеидальной аппроксимации

$$\frac{1}{2T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=0}^{T-1} \left(\left| S_{x_{qi}}^Y(t) \right| + \left| S_{x_{qi}}^Y(t+1) \right| \right) = ITSQ$$

Индекс полной чувствительности к текущим издержкам при прямоугольной аппроксимации

X_c – вектор из L статей текущих издержек

$$\frac{1}{T} \sum_{i=1}^L \sum_{t=1}^T \left| S_{x_{ci}}^Y(t) \right| = ITSC$$

Индекс полной чувствительности к текущим издержкам при трапецеидальной аппроксимации

$$\frac{1}{2T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=0}^{T-1} \left(\left| S_{x_{ci}}^Y(t) \right| + \left| S_{x_{ci}}^Y(t+1) \right| \right) = ITSC$$

Индекс полной чувствительности к инвестиционным затратам при прямоугольной аппроксимации

X_{In} – вектор из K статей инвестиционных затрат

$$\frac{1}{T} \sum_{i=1}^K \sum_{t=1}^T \left| S_{x_{In} i}^Y(t) \right| = ITSI$$

Индекс полной чувствительности к инвестиционным затратам при трапецеидальной аппроксимации

$$\frac{1}{2T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=0}^{T-1} \left(\left| S_{x_{In\ i}}^Y(t) \right| + \left| S_{x_{In\ i}}^Y(t+1) \right| \right) = ITSI$$

При сравнении проектов по степени рискованности

- Рассчитываются функции чувствительности для всех инвестиционных проектов (ИП)
- Рассчитываются индексы максимальной и полной чувствительности для всех ИП
- Проводится сравнительный риск-анализ проектов по полученным индексам

Нелинейная модель чувствительности

- До сих пор мы полагали, что целевая функция (ЦФ) линейно зависит от каждого риск-параметра.
- Для ЦФ, измеряемых в денежных единицах в большинстве случаев это верно.
- В начальных стадиях ИП возможно нарушение линейности, например из-за перехода от убытков к прибыли (ЦФ становится кусочно-линейной).
- Возможна взаимная зависимость отдельных риск-параметров.
- В этих случаях нужна нелинейная модель.

Общая нелинейная модель второго порядка

Если имеется зависимость X_i от X_j , а также нелинейность ЦФ, то в общем случае из разложения относительного отклонения ЦФ в ряд Тейлора следует:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \sum_i S_{x_i}^Y \frac{\Delta x_i}{x_i} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j S_{x_i x_j}^Y \frac{\Delta x_i \Delta x_j}{x_i x_j}$$

где:

$$S_{x_i x_j}^Y = \frac{x_i x_j}{Y} \frac{\partial^2 Y}{\partial x_i \partial x_j} \dots \forall i, j$$

Функции чувствительности второго порядка.

Если $i = j$, то получим собственную чувствительность второго порядка.

Если $i \neq j$, то получим взаимную чувствительность второго порядка.

Нелинейная модель для одного риск-параметра

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_X^Y \frac{\Delta X}{X} + \frac{1}{2} S_{XX}^Y \left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 \quad S_X^Y = \frac{X}{Y} \frac{\partial Y}{\partial X} \quad S_{XX}^Y = \frac{X^2}{Y} \frac{\partial^2 Y}{\partial X^2}$$

$$\frac{\Delta Y}{Y} - S_X^Y \frac{\Delta X}{X} = \frac{1}{2} S_{XX}^Y \left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 \quad \frac{\Delta Y}{Y} / \frac{\Delta x_1}{x_1} = S_{x_1}^Y + \frac{1}{2} S_{x_1 x_1}^Y \frac{\Delta x_1}{x_1} = S_{x_1}^{Y nl}$$

$$S_{x_1 x_1}^Y = 2(S_{x_1}^{Y nl} - S_{x_1}^Y) / \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)$$

Собственная чувствительность второго порядка численно равна удвоенному отклонению нелинейной чувствительности от линейной при изменении риск-параметра на один процент

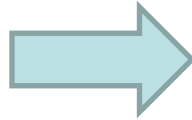
Метод двух экспериментов для определения чувствительностей

Проводим два эксперимента при различных относительных отклонениях:

x, y - относительные отклонения,

S_1, S_2 - чувствительности первого и второго порядка.

$$\begin{cases} y_1 = S_1 x_1 + \frac{1}{2} S_2 x_1^2 \\ y_2 = S_1 x_2 + \frac{1}{2} S_2 x_2^2 \end{cases}$$



$$S_1 = \frac{y_1 x_2^2 - y_2 x_1^2}{x_1 x_2^2 - x_2 x_1^2} = \frac{y_1 x_2^2 - y_2 x_1^2}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)}$$

$$S_2 = 2 \frac{y_2 x_1 - y_1 x_2}{x_1 x_2^2 - x_2 x_1^2} = 2 \frac{y_2 x_1 - y_1 x_2}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)}$$

Нелинейная модель для двух риск-параметров

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_{x_1}^Y \frac{\Delta x_1}{x_1} + S_{x_2}^Y \frac{\Delta x_2}{x_2} + \frac{1}{2} S_{x_1 x_1}^Y \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \frac{1}{2} S_{x_2 x_2}^Y \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2 + S_{x_1 x_2}^Y \left(\frac{\Delta x_1 \Delta x_2}{x_1 x_2}\right)$$

Алгоритм расчета функций чувствительности при $S_{12} = S_{21}$:

1. Для Y выбираем X_1 и X_2 в исходном режиме SQ
2. При двух различных значениях $\Delta x/x$ поочередно находим: S_1' и S_2' при $\Delta x_2 = 0$ и S_1'' и S_2'' при $\Delta x_1 = 0$
3. При заданных значениях $\Delta x/x$ и одновременно действующих обоих рисках находим: S_{12} при $\Delta x_1 \neq 0$ и при $\Delta x_2 \neq 0$. Если $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x$, то получим:

$$\frac{\Delta Y}{Y} / \left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 - [S_{x_1}^Y + S_{x_2}^Y] / \frac{\Delta x}{x} - \frac{1}{2} [S_{x_1 x_1}^Y + S_{x_2 x_2}^Y] = S_{x_1 x_2}^Y$$

Благодарю за внимание!

Есть ли вопросы?