

**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

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 и оценка их граничных значений (max-min).
- Выбор риск-параметров динамической модели Cash-Flow, для моделирования влияния рисков событий на финансовые результаты и показатели проекта.
- Прогнозный количественный риск-анализ проекта (оценка чувствительности и основных индикаторов риска).
- Разработка мероприятий по снижению влияния возможных 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. Прогнозирование в режиме on-line. 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

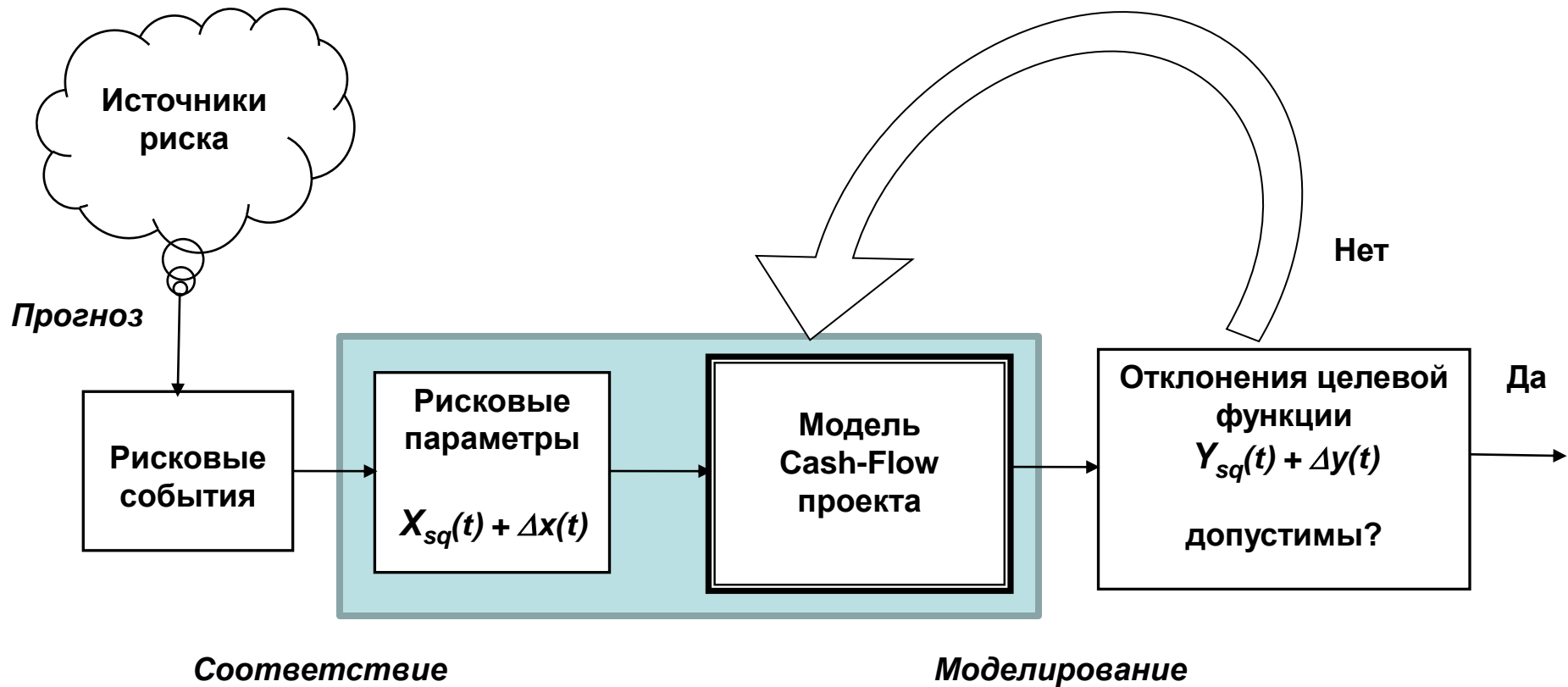
Требования к $KППCuП(t)$

- 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:

- **$ASCF(T)$** (Accumulated Saldo Cash-Flow) – накопленное сальдо денежных потоков (состояние расчетного счета проекта) к моменту T
- **$NPV(T)$** (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

Определение функции чувствительности проекта к рискам

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

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

Экономический смысл

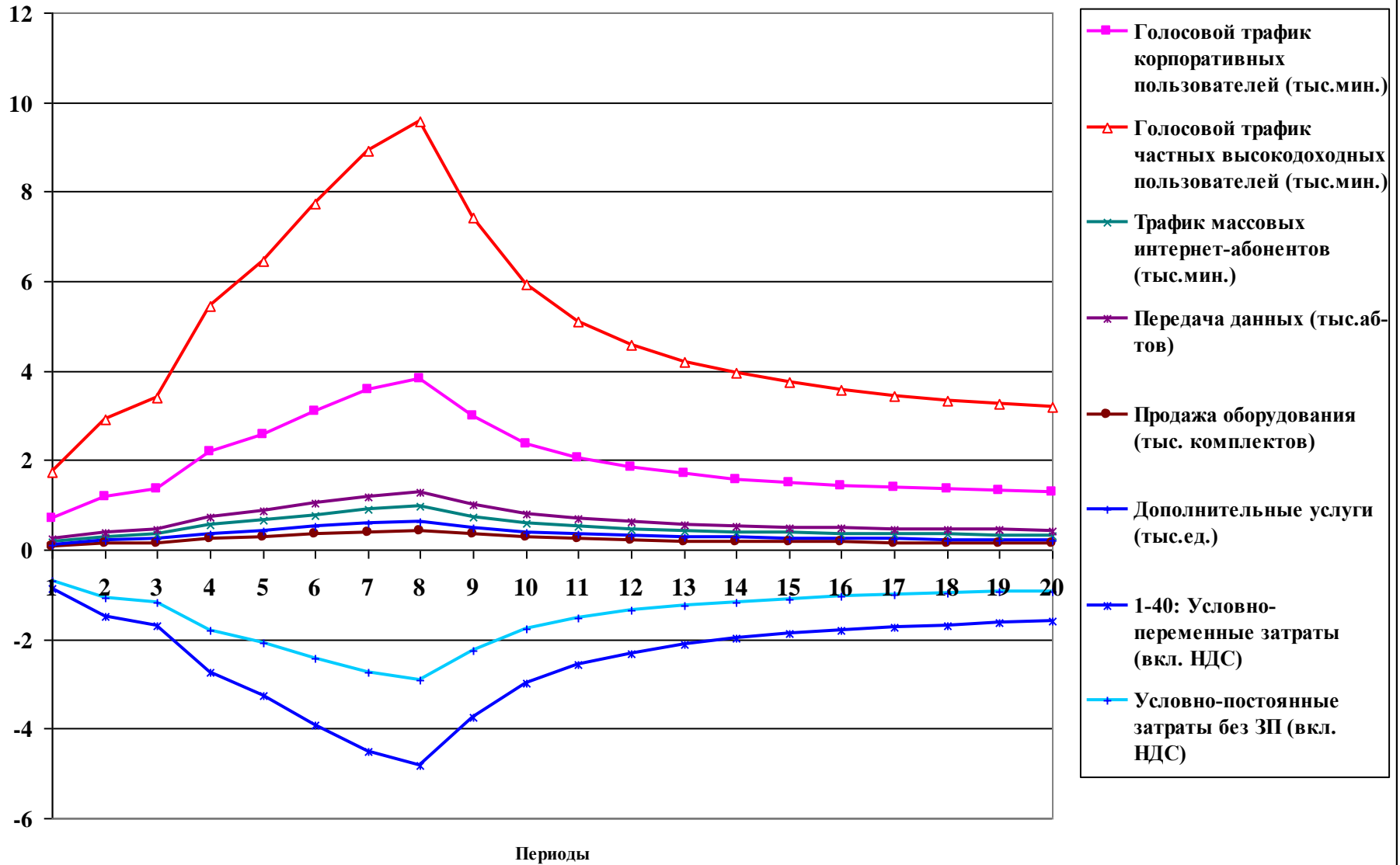
Функция чувствительности показывает на сколько процентов изменится целевая функция при изменении риск-параметра на один процент.

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

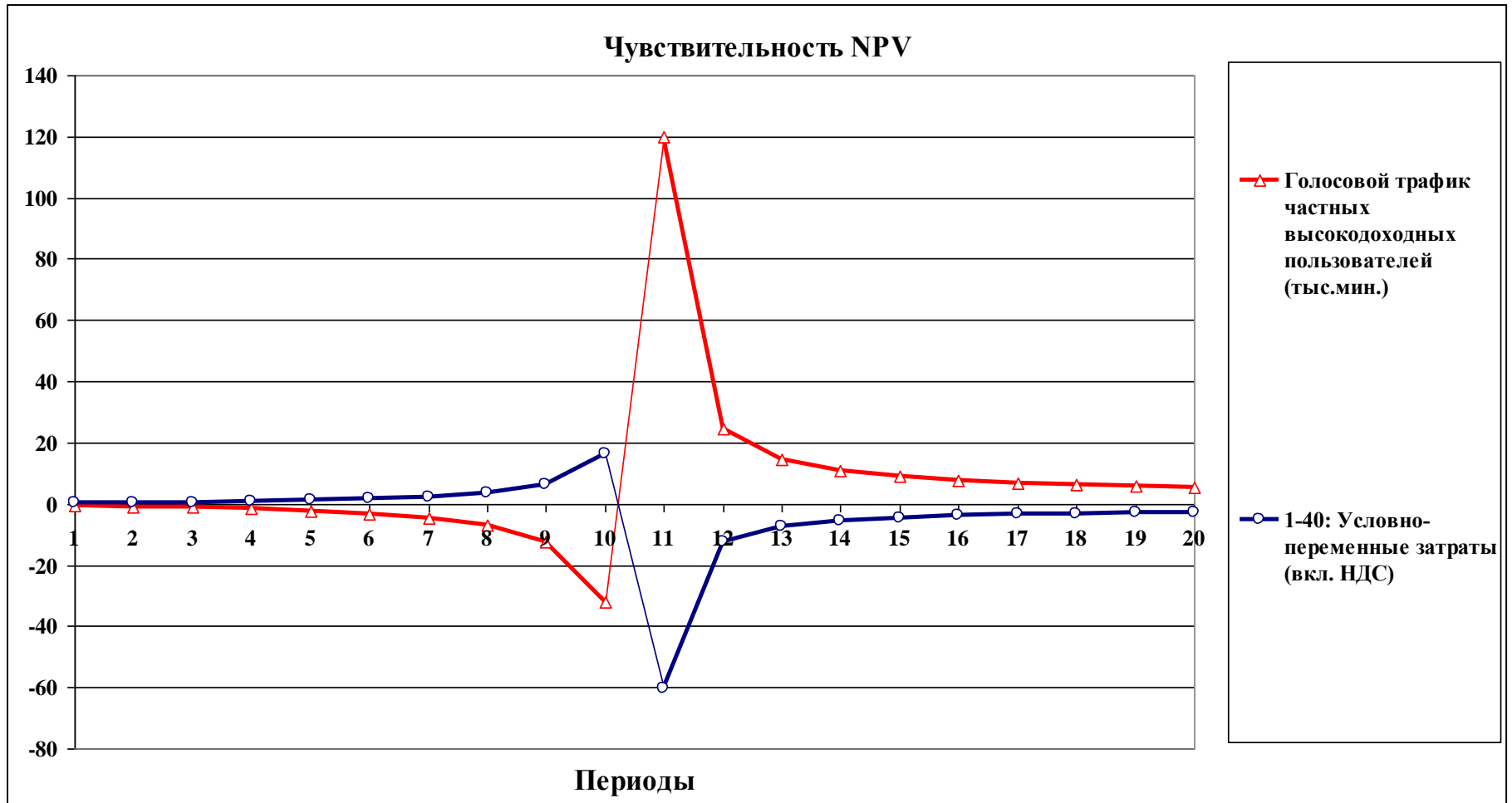
Свойства функций чувствительности (для всех целевых функций, кроме NPV)

- $S(t) \geq 0$ 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



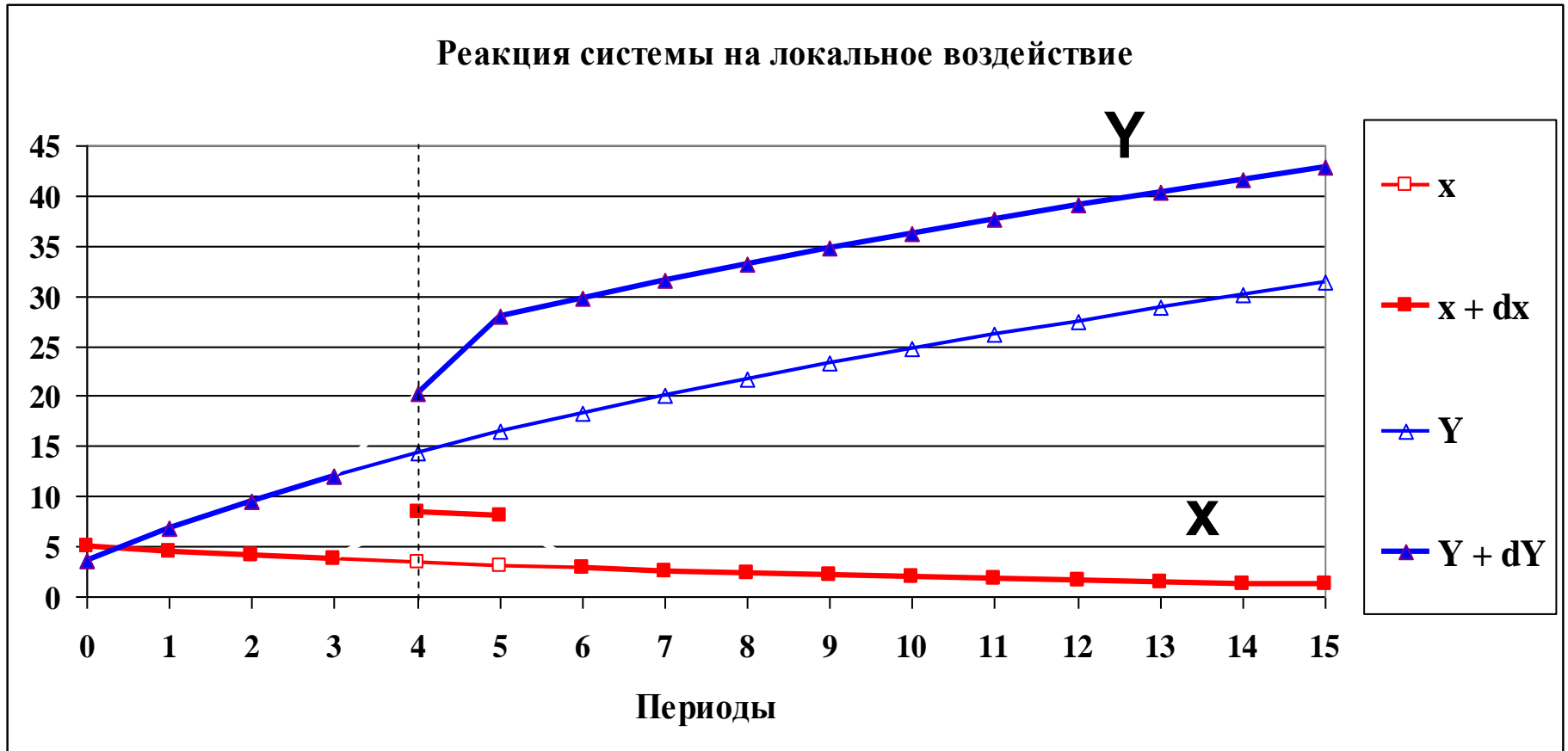
Что дает знание функций чувствительности?

- 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

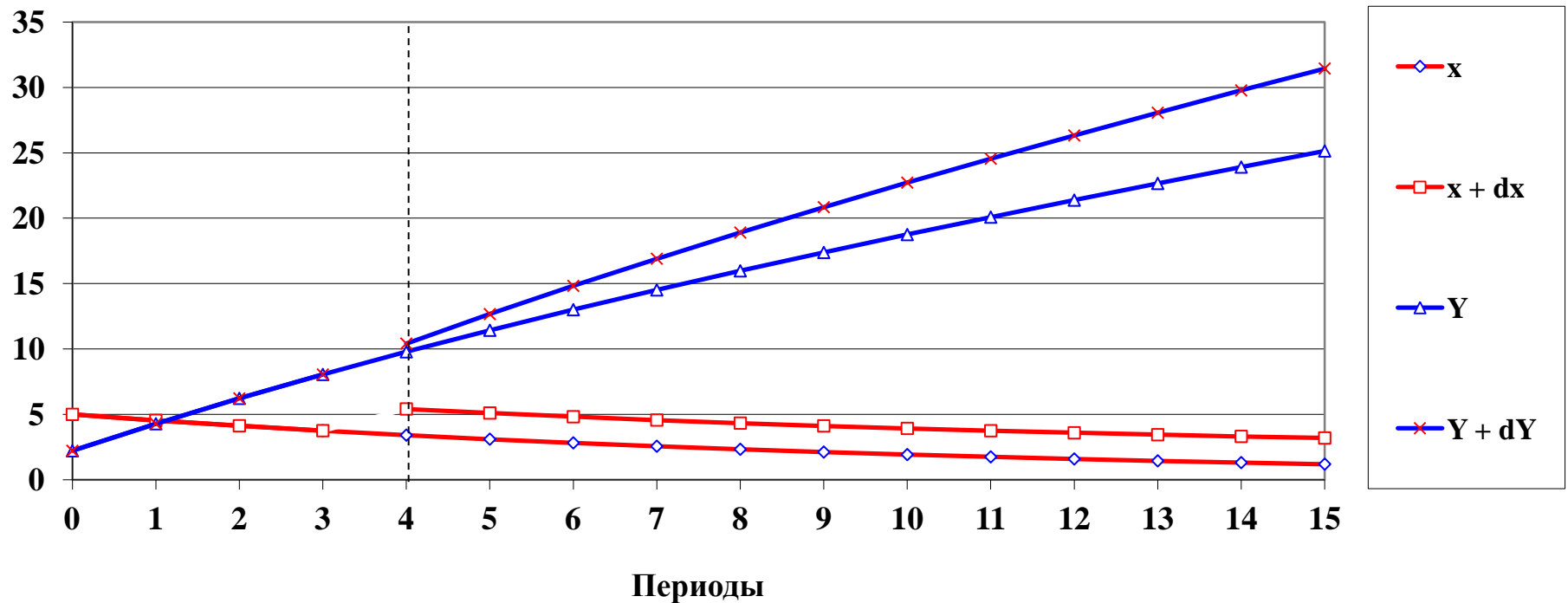


Глобальная чувствительность (GS) (определение)

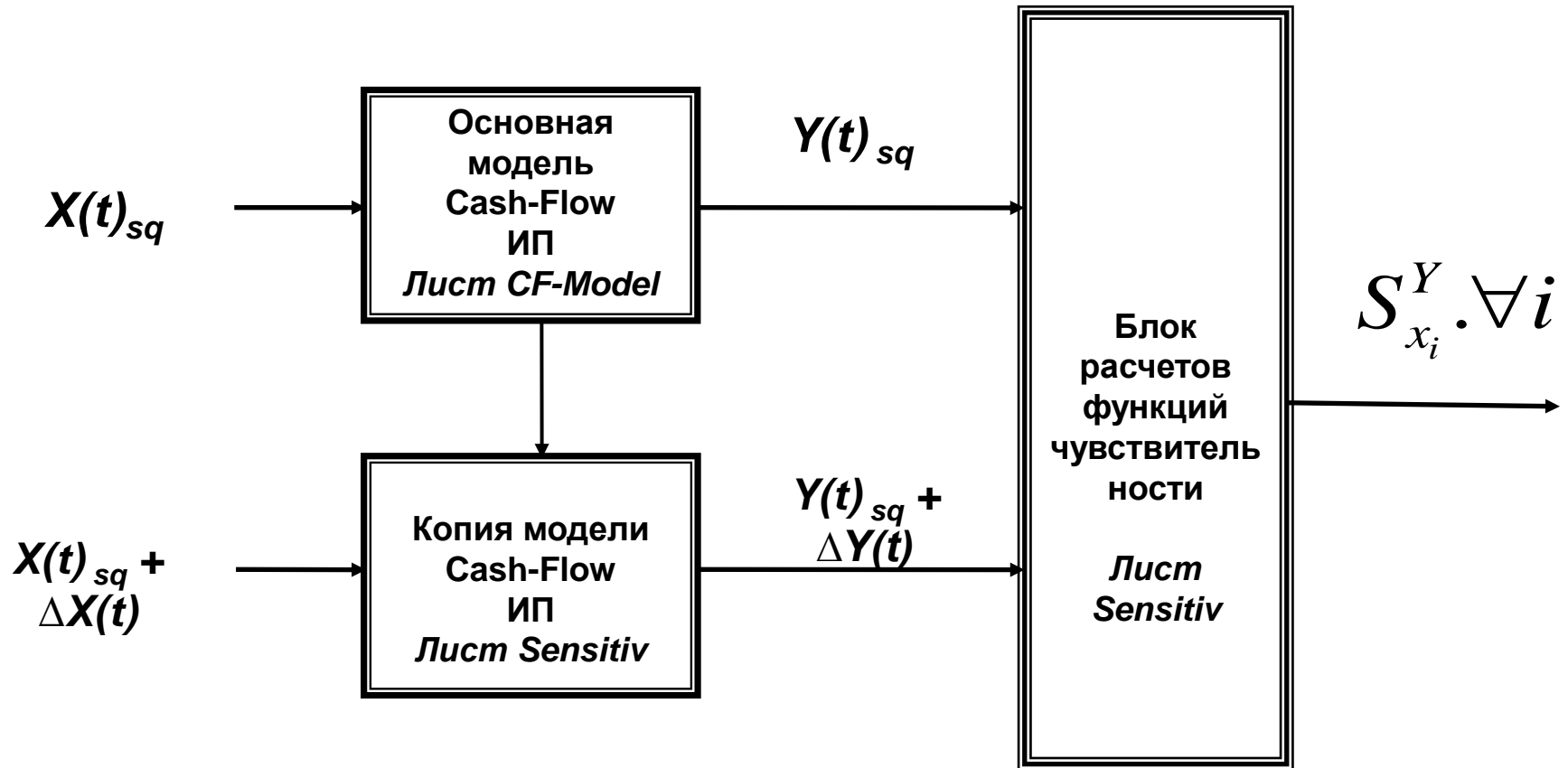
- чувствительность при глобальном (длительном по времени) воздействии риск-параметра, т.е. когда его отклонение, начиная с некоторого момента, может длиться вплоть до конца горизонта планирования

Реакция системы на глобальное воздействие

Реакция системы на глобальное воздействие



Модель расчета функций чувствительности



Расчет функций чувствительности с помощью модели

1. В листе Sensitiv-P выбрать целевую функцию
2. В листе Sensitiv-V расчет функций чувствительности к натуральным объемам продаж
3. В листе Sensitiv-VC расчет функций чувствительности к условно-переменным затратам
4. В листе Sensitiv-FC расчет функций чувствительности к условно-постоянным затратам
5. В листе Sensitiv-FC расчет функций чувствительности к инвестициям
6. В листе Index представлены индексы максимальной и полной чувствительности к совокупности рисков

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

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

При сравнении проектов или сценариев между собой

Множество графиков функций чувствительности различных проектов использовать неудобно.

Можно использовать интегральные оценки рискованности проектов при одновременном действии совокупности рисков:

- *индексы максимальной чувствительности*
- *индексы полной чувствительности*

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

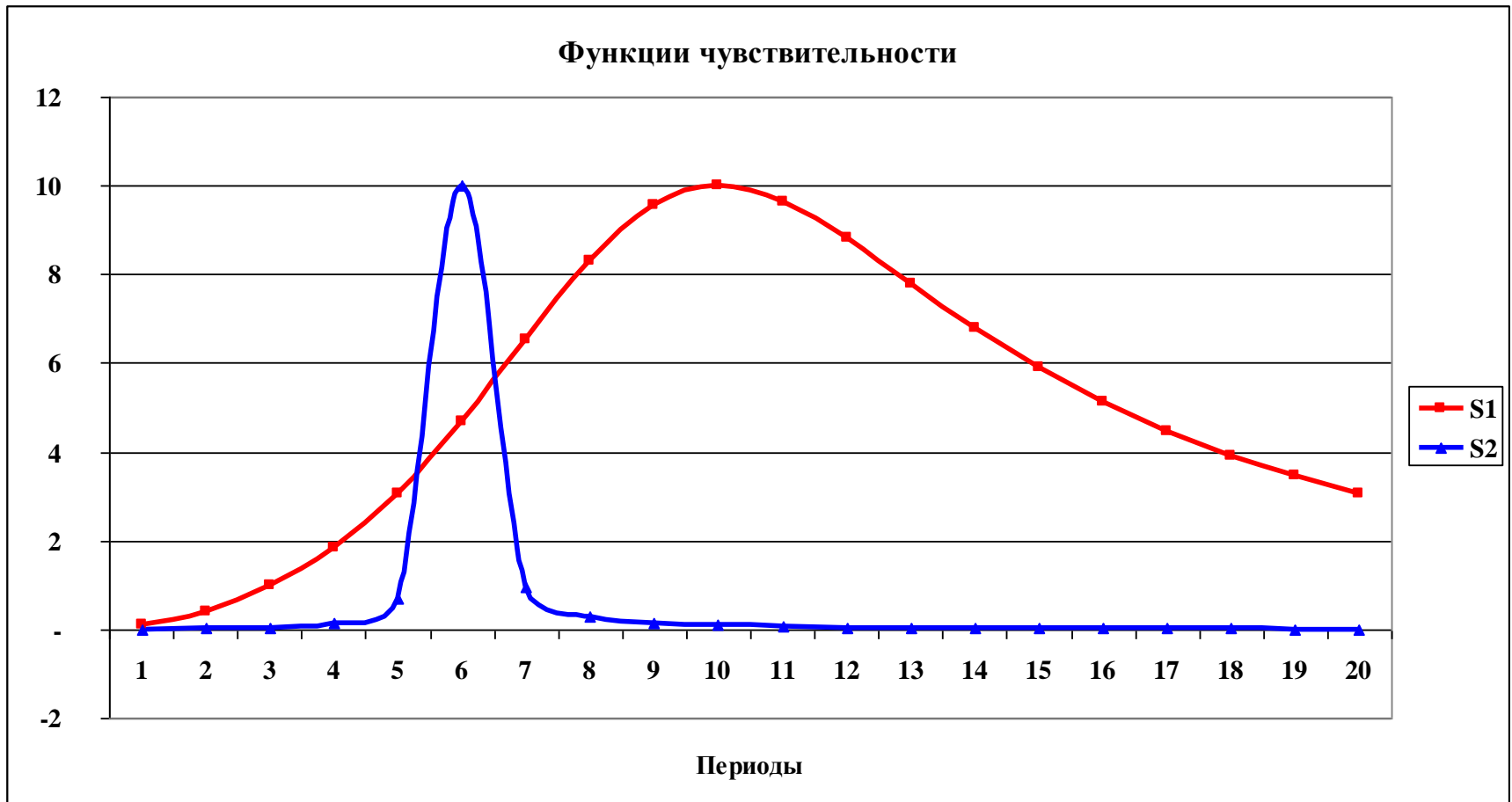
X_{In} – вектор из K статей инвестиционных затрат

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

Экономический смысл *IMS*

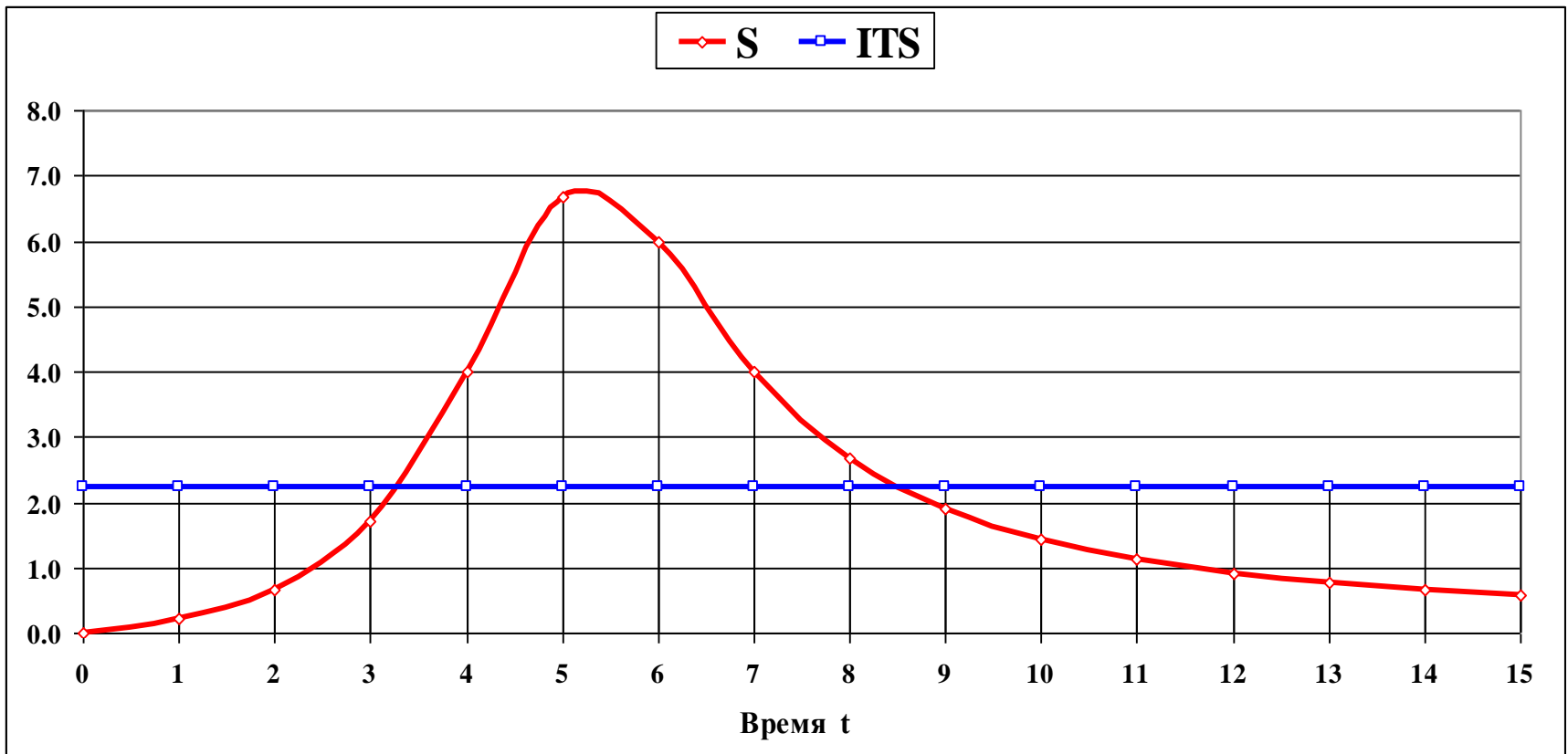
Индекс максимальной чувствительности показывает на сколько процентов **максимально** может измениться целевая функция в пределах горизонта планирования, если одновременно все риск-параметры изменятся на один процент в неблагоприятном направлении.

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 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 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 трапецеидальной аппроксимации

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

Экономический смысл *ITS*

Индекс полной чувствительности показывает на сколько процентов **в среднем** может измениться целевая функция в пределах горизонта планирования, если одновременно все риск-параметры изменятся на один процент в неблагоприятном направлении.

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

Общее определение линейности системы

Система (в том числе экономическая)
линейна, если выполняются условия
аддитивности и ***гомогенности***.

Необходимо проверить выполнение этих
условий для выбранной целевой
функции по всем риск-параметрам.

Условие аддитивности

Целевая функция аддитивна, если реакция экономической системы на совокупность воздействий (рисков) равна сумме ее реакций на каждое воздействие (риск) в отдельности.

Это известный принцип суперпозиции, который можно выразить в следующей форме:

$$Y\left(\sum_{i=1}^N x_i\right) = \sum_{i=1}^N Y(x_i)$$

Условие гомогенности

Строго говоря, необходимо проверить выполнение для системы условия гомогенности (пропорциональности), а именно:

$$Y(ax) = aY(x),$$

где a – некоторая произвольная константа.

Для линейности достаточно выполнения условия аддитивности

Можно доказать, что если, a рациональное число, то из аддитивности следует выполнение условия гомогенности.

В случае если, a иррациональное число, то оно может быть аппроксимировано соответствующим рациональным числом с любой наперед заданной точностью.

Это означает, что ***выполнение условия аддитивности (принцип суперпозиции) практически гарантирует линейность экономической системы.***

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 (например: объем продаж и условно-переменные затраты).
- В этих случаях нужна нелинейная модель второго порядка.

Ряд Тейлора для отклонения целевой функции (линейная и квадратичная составляющие):

$$\Delta Y = \sum_i \frac{\partial Y}{\partial x_i} \Delta x_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 Y}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i \Delta x_j \dots \forall i, j$$

Общая нелинейная модель чувствительности второго порядка

Если имеется зависимость X_i от X_j , и/или 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 чувствительности для одного риск-параметра

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_x^Y \frac{\Delta x}{x} + \frac{1}{2} S_{xx}^Y \left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 \quad S_x^Y = \frac{x}{Y} \frac{\partial Y}{\partial x} \quad S_{xx}^Y = \frac{x^2}{Y} \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2}$$

$$\frac{\Delta Y}{Y} - S_x^Y \frac{\Delta x}{x} = \frac{1}{2} S_{xx}^Y \left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 \quad \frac{\Delta Y}{Y} / \frac{\Delta x}{x} = S_x^Y + \frac{1}{2} S_{xx}^Y \frac{\Delta x}{x} = S_x^{Ynl}$$

$$S_{xx}^Y = 2(S_x^{Ynl} - S_x^Y) / \left(\frac{\Delta x}{x}\right)$$

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

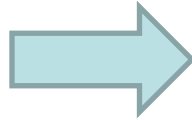
Метод двух экспериментов для определения чувствительностей (первый вариант)

Проводим два эксперимента при различных относительных отклонениях:

x, y - относительные отклонения,

S_1, S_2 - чувствительности первого и второго порядка, соответственно.

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



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

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

Второй вариант определения чувствительностей

При малом значении относительного отклонения $x_1 \ll 0$ из первого уравнения получаем:

$$S_1 = \frac{y_1}{x_1}$$

При $x_2 \gg x_1$ из второго уравнения получаем:

$$S_2 = 2\left(\frac{y_2}{x_2} - \frac{S_1}{x_1}\right)$$

Нелинейная модель чувствительности 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 чувствительности первого порядка и собственные: S_1' и S_2' при $\Delta x_2 = 0$ и S_1'' и S_2'' при $\Delta x_1 = 0$
3. При выбранных 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?