Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

Факультет Экономики и Управления

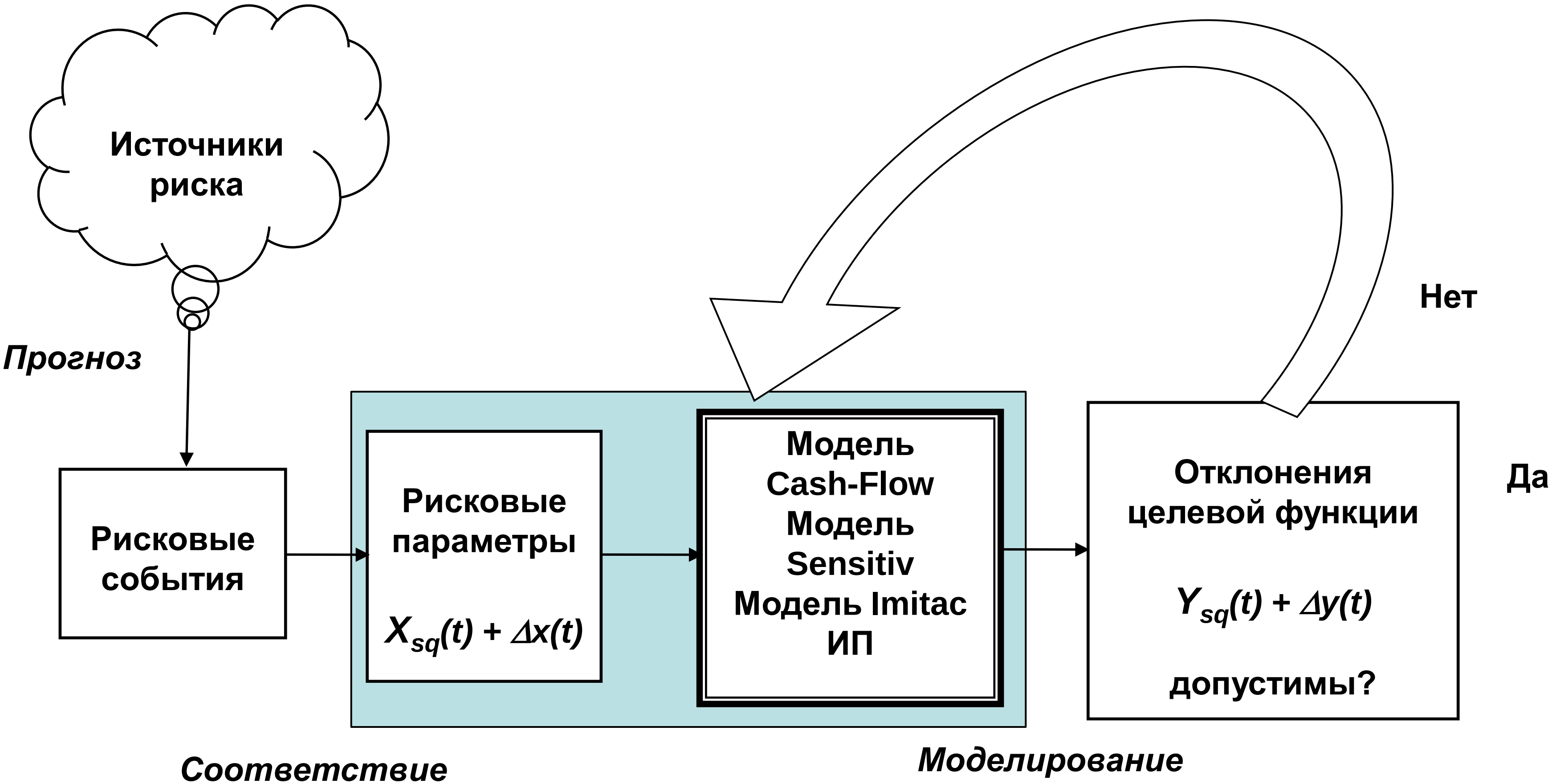
Кафедра Управления и Моделирования в социально-экономических системах

АНАЛИЗ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ФУНКЦИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Содержание презентации

- Постановка задачи имитационного моделирования
- Имитационная модель проекта смены оборудования
- Имитационная модель развития альтернативного оператора связи
- Сравнение имитационной модели и модели чувствительностей

Моделирование влияния рисковых событий на инвестиционный проект



Постановка задачи имитационного моделирования

- Задана модель Cash-Flow инвестиционного проекта
- Выбрана целевая функция $\boldsymbol{Y(x)}$
- Заданы риск-параметры (x_1 , x_2 … x_N) своими максимальными и минимальными значениями
- Выбираем нормальный закон распределения $\{(\mu_i), (\sigma_i)\}$ случайных риск-параметров $\boldsymbol{x}$.
- Вычисляем средние значения риск-параметров (***μ***) и стандартные отклонения (***σ***) по правилу «трех сигма»

Числовые характеристики случайных величин

Математическое ожидание:

$$MO(X) = \mu = \sum_{i=1}^{N} X_i p_i$$

Среднее значение:

$$Cp(X) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} X_i$$

Дисперсия:

$$D(X) = \sum_{i=1}^{N} [X_i - MO(X)]^2 p(X_i) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} [X_i - MO(X)]^2$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$СКВО(X) = \sigma = \sqrt{D(X)}$$

Коэффициент вариации:

$$CVar = \frac{СКВО}{MO(X)}$$

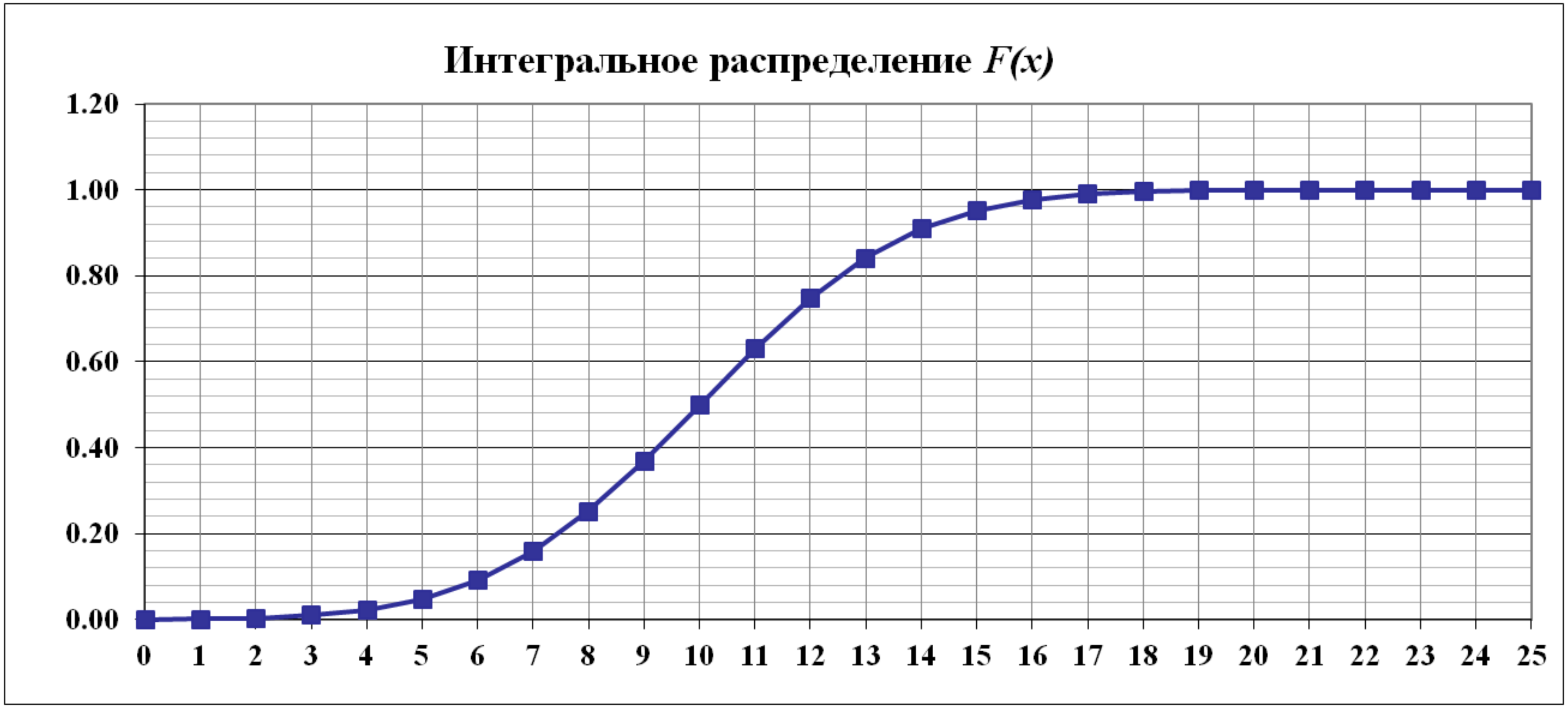
НОРМАЛЬНЫЙ (ГАУСОВ) ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

$$f(x,\mu,\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}] = F_x^{'}(x)$$

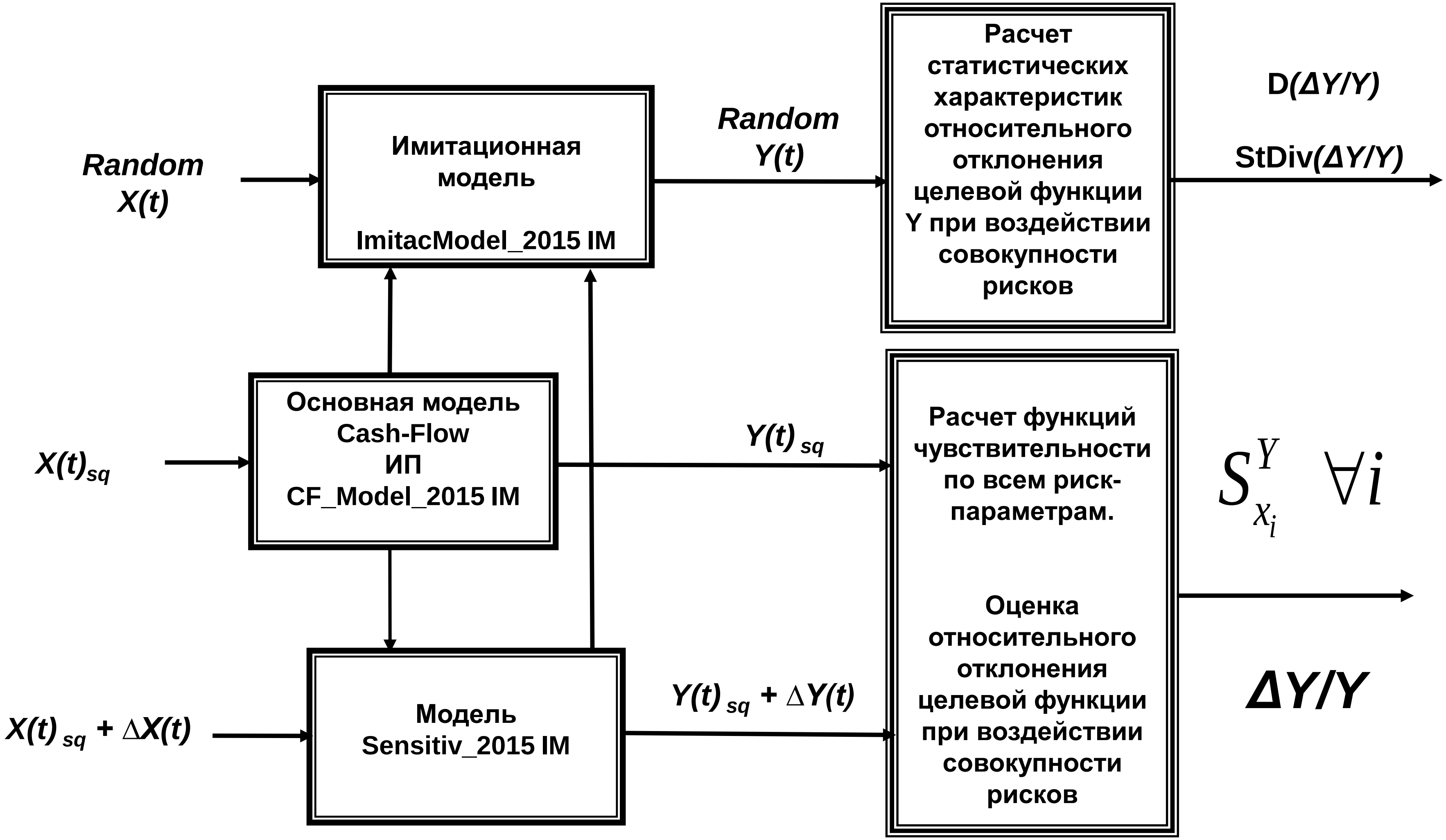
$$f_{\max}(x=\mu) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

НОРМАЛЬНЫЙ (ГАУСОВ) ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

$$F(x,\mu,\sigma) = \int_{t=-\infty}^{x} f(t,\mu,\sigma)dt = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t=-\infty}^{x} \exp[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}]dt$$



Имитационная модель и модель чувствительности



Пример ИП: «Замена старого оборудования на новое, взятое в аренду»

			Правило N сигм:	***N =***	**3**	
Параметр	**Ед. изм.**	**Мин(x)**	**Макс(x)**	**Среднее(x)**	**СТО(x)**	**Вар(x)**
X1 -экономия на материально-техническом обслуживании (maintenance savings, MS) долл/ед.	дол. на единицу продукции	**5**	**10**	**7.5**	0.833	0.111
X2 -экономия на трудозатратах (labour savings, LS) долл/ед.	дол. на единицу продукции	**2**	**8**	**5**	1.000	0.200
X3 -экономия на сырье и материалах (raw materials savings, RMS) долл/ед.	дол. на единицу продукции	**3**	**9**	**6**	1.000	0.167
X4 -объем производства (production level, PL) ед.	единиц продукции в год	**15 000**	**35 000**	**25000**	3 333	0.133
Стоимость годовой аренды (долл)	дол.	**400 000**				
Y = (MS + LS + RMS) x PL - годовая экономия (долл) (целевая функция)	дол.	**150 000**	**945 000**	**462 500**	**132 500**	**0.286**

Процесс имитационного моделирования

С помощью *EXCEL*-функции для нормального распределения:

НОРМОБР(СЛЧИС();μ;σ)

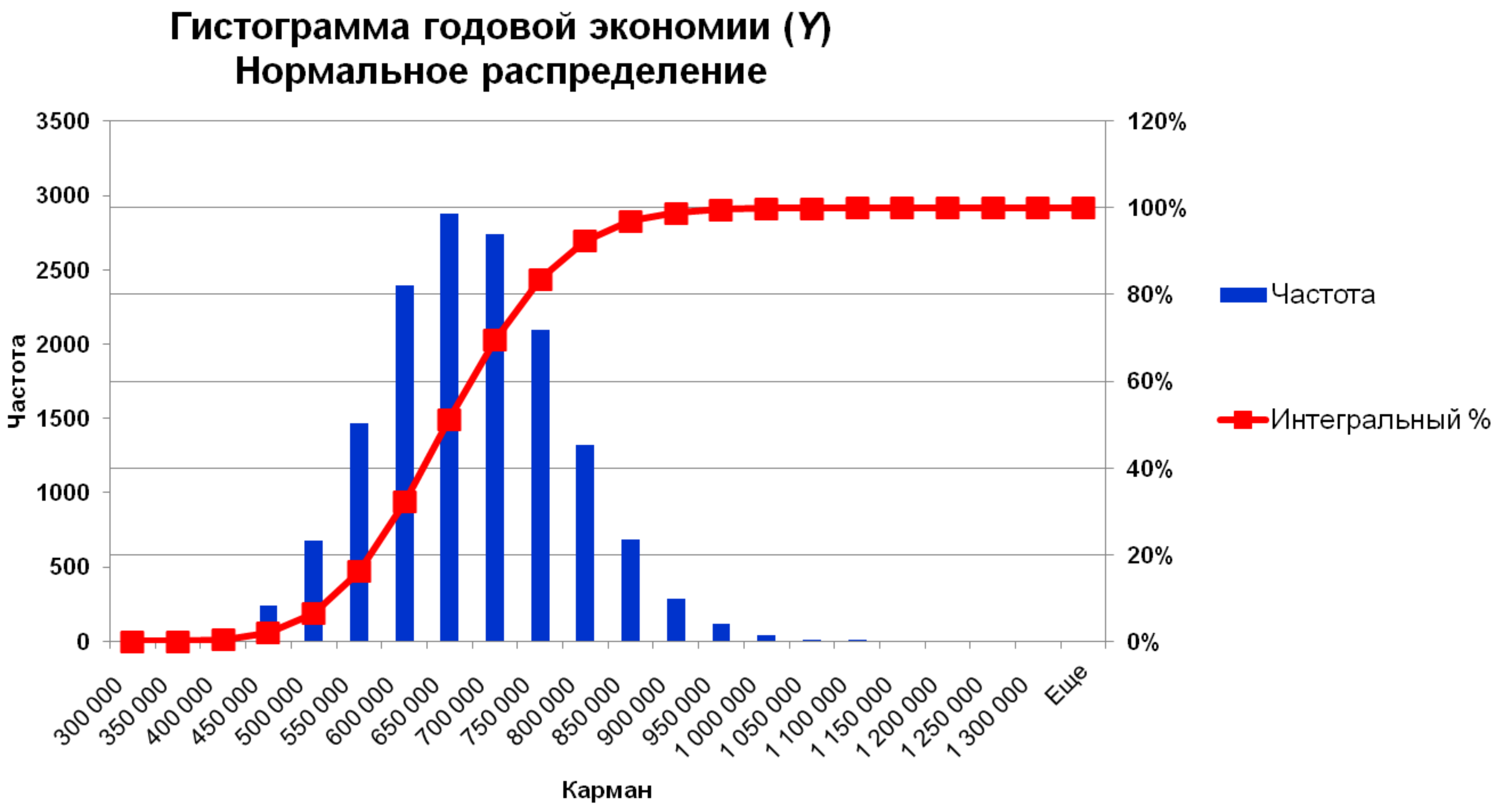
генерируем множество (выборку) случайных значений вектора риск-параметров: {***X*** = (*x1, x2, x3, x4*)}.

Вычисляем случайные значения целевой функции ***Y*** для каждой реализации вектора риск-параметров.

Определяем числовые характеристики для всех полученных случайных величин:

Max, Min, Average, D, σ

Результаты моделирования



Оценка рискованности проекта

- Всего было сгенерировано 15 000 реализаций
- Из них порядка 3 000 были убыточными, доля которых составляла **20%**
- Сумма прибылей по всем реализациям:

  950 млн. долл.
- Сумма убытков по всем реализациям:

  114 млн. долл., что составило **12%** от суммы прибылей

Модель функций чувствительности и имитационная модель

Определение функции чувствительности проекта к рискам

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

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

Влияние совокупности рисков

(линейная модель)

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

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

Эта модель справедлива для стандартных отклонений риск-параметров и отклонения целевой функции.

Дисперсия суммы случайных величин

Для независимых случайных величин:

$$\boxed{D\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)=\sum_{i=1}^{N} D\left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right)=\sum_{i-1}^{N}\left[\sigma\left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right)\right]^2}$$

Для зависимых случайных величин:

$$\boxed{D\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)=D\left(\sum_{i=1}^{N}\frac{\Delta x_i}{x_i}\right)=\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sigma\left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right)\sigma\left(\frac{\Delta x_k}{x_k}\right)Cov_{ik}}$$

Дисперсия относительного отклонения ЦФ при влиянии совокупности рисков

Для независимых случайных отклонений:

$$\boxed{D(\frac{\Delta Y}{Y}) = \sum_{i-1}^{N} (S_{x_i}^{Y})^2 D(\frac{\Delta x_i}{x_i}) = \sum_{i-1}^{N} (S_{x_i}^{Y})^2 [\sigma(\frac{\Delta x_i}{x_i})]^2}$$

Для зависимых случайных отклонений:

$$\boxed{D(\frac{\Delta Y}{Y}) = D(\sum_{i=1}^{N} S_i^{Y} \frac{\Delta x_i}{x_i}) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{k=1}^{N} S_i^{Y} S_k^{Y} \sigma(\frac{\Delta x_i}{x_i}) \sigma(\frac{\Delta x_k}{x_k}) Cov_{ik}}$$

ИП развития альтернативного оператора связи

- В модели Cash-Flow были выбраны три группы риск-параметров:
- *x1…x5* –натуральные объемы продаж услуг;
- *x6…x10* –условно-переменные затраты; *x11…x16* –условно-постоянные затраты.
- В качестве целевой функции ***Y*** было выбрано накопленное сальдо денежных потоков проекта (*ASCF*).
- Все расчеты выполнялись для 5-го квартала.

Имитационное моделирование

- В качестве случайных величин были выбраны относительные отклонения риск-параметров от их средних значений: $\Delta X_i / X_i$.
- Результатом моделирования было относительное отклонение целевой функции от ее среднего значения: $\Delta Y / Y$.
- После **имитационного моделирования** были получены числовые характеристики отклонения целевой функции:

$$Max,\ Min,\ Average,\ D,\ \sigma \quad \text{для}\ \Delta Y / Y$$

Модель относительного отклонения целевой функций при действии совокупности рисков

- Для выбранного периода планирования рассчитываем функции чувствительности $\boldsymbol{S_i}$ для всех риск-параметров $\boldsymbol{x_i}$.
- Определяем дисперсию и стандартное отклонение целевой функции на основе свойств дисперсии суммы случайных величин.
- Вычисляем % расхождения двух моделей риск-анализа

Выводы:

- Числовые характеристики результата в обеих моделях практически совпадают (расхождение менее одного процента).
- Имитационное моделирование требует априорного выбора законов распределения входных случайных величин.
- Для экономических систем практически невозможно определить законы распределения риск-параметров.
- Если нужна динамика, то для каждого периода планирования необходимо строить свою имитационную модель, что делает процедуру моделирования весьма громоздкой.
- Модель чувствительности в отличии от имитационной модели позволяет оперативно оценивать динамику числовых характеристик отклонений целевой функции инвестиционного проекта.

Благодарю за внимание!

Есть ли вопросы?