**Имитационная модель для оценки эффективности и надежности страхования от несчастных случаев**

**Аннотация**

В данной работе представлена имитационная модель для оценки эффективности и надежности страхования от несчастных случаев. Модель основана на методе Монте-Карло и учитывает такие факторы, как тарифы, объемы договоров, возможность перестрахования и внешние факторы риска (возраст, пол, занятия опасными видами спорта). Основной целью является анализ прибыльности страховой компании и вероятности её разорения в различных сценариях. Результаты численного эксперимента показывают распределение прибыли, влияние перестрахования на снижение рисков, а также оптимальные условия для управления страховыми продуктами. Разработанная модель может быть использована для принятия решений в области тарифной политики, оценки финансовой устойчивости и минимизации потерь.

**Ключевые слова:** имитационная модель, страхование от несчастных случаев, метод Монте-Карло, перестрахование, вероятность разорения, управление рисками.

**Введение**

Страхование от несчастных случаев является одним из ключевых направлений страховой деятельности. Однако высокая вариативность выплат и сложность прогнозирования страховых случаев создают значительные риски для финансовой устойчивости страховых компаний. В условиях растущей конкуренции и увеличения объемов договоров актуальной задачей становится разработка методов оценки эффективности и надежности страхования.

Целью данной работы является разработка имитационной модели для оценки прибыльности и финансовой устойчивости страхования от несчастных случаев с учетом перестрахования и внешних факторов риска.

**Основные обозначения**

Для формализации задачи введем следующие обозначения:

* $N$ — количество договоров страхования.
* $r\_{i}$— тариф для *i* -го клиента.
* $P $— суммарная премия.
* $X\_{i}$ — убыток по *i* -му клиенту (0, если страховой случай не произошел, или сумма выплаты).
* $L$​ — суммарные убытки.
* $u\_{0}$ — начальный капитал компании.
* $L\_{r}$ — удержанный убыток после перестрахования.
* $П=P-L\_{r}$ — прибыль компании после выплат и перестрахования.
* $I$ — индикатор разорения (1, если капитал отрицательный, иначе 0).
* $c$ — доля убытка, передаваемая перестраховщику.

Дополнительно учитываются данные: возраст, пол и риск занятий опасными видами спорта.

**Алгоритм Монте-Карло**

Для реализации модели используется алгоритм Монте-Карло, который позволяет моделировать различные сценарии страховых случаев и оценивать их влияние на прибыль и вероятность разорения. Рассмотрим каждый шаг алгоритма подробно.

Общая схема представлена на рисунке:

**Шаг 1. Инициализация параметров**

На этом этапе задаются основные параметры модели:

* Количество клиентов ($N$), начальный капитал ($u\_{0}$ ), суммарная премия ($P$), доля перестрахования ($c$).
* Также загружаются исторические данные по убыткам и профилям клиентов, такие как вероятность страхового случая, средняя величина выплат и их вариативность.

Эти параметры служат входными данными для модели. Например, вероятность страхового случая может быть определена на основе статистики за предыдущие годы, а величина выплат зависит от возраста, пола и рисков клиента.

**Шаг 2. Генерация страховых случаев и убытков**

Для каждого клиента случайным образом определяется, произошел ли страховой случай, и величина выплаты. Это делается с использованием данных о вероятности страхового случая (*p* ) и распределении выплат ($X\_{i}$).

Формулы:

* Вероятность страхового случая: $p$.
* Средняя выплата при страховом случае: $μ\_{X}$ .
* Стандартное отклонение выплат: $σ\_{X}$.

Если вероятность страхового случая *p*, то для каждого клиента генерируется случайное число от 0 до 1. Если число меньше *p*, страховой случай считается произошедшим. Величина выплаты моделируется как случайная величина с математическим ожиданием $μ\_{X}$ и стандартным отклонением $σ\_{X}$.

Этот шаг моделирует реальные условия страхования, где не все клиенты обращаются за выплатами, а размер выплат варьируется.

**Шаг 3. Суммирование убытков**

Суммарные убытки ($L$) вычисляются как сумма всех выплат по всем клиентам:

$$L=\sum\_{i=1}^{N}X\_{i}.$$

Ожидаемое значение суммарных убытков:

$$E[L]=\sum\_{i=1}^{N}p\_{i}μ\_{X}.$$

Дисперсия суммарных убытков:

$$D[L]=\sum\_{i=1}^{N}p\_{i}(σ\_{X}^{2}+μ\_{X}^{2})-\left(E\left[L\right]\right)^{2}.$$

Эти формулы позволяют оценить средний уровень убытков и их вариативность, что важно для понимания рисков.

**Шаг 4. Учет перестрахования**

При пропорциональном перестраховании удержанный убыток (*Lr*​ ) рассчитывается как:

$$L\_{r}=\left(1-c\right)L.$$

Ожидаемое значение удержанного убытка:

$$E\left[L\_{r}\right]=\left(1-c\right)E\left[L\right].$$

Дисперсия удержанного убытка:

$$D\left[l\_{r}\right]=\left(1-c\right)^{2}D\left[L\right].$$

Перестрахование снижает нагрузку на компанию, но увеличивает затраты на его услуги.

**Шаг 5. Расчет капитала и прибыли**

Капитал после выплат ($U$) и прибыль ($Π$) рассчитываются как:

$$U=u\_{0}+P-L.$$

$$П=P-L\_{r}.$$

Вероятность разорения:

$$ψ(u\_{0}​)=\frac{число случаев U<0​}{M}$$

где $M$ — количество симуляций.

Этот шаг позволяет оценить финансовую устойчивость компании.

**Шаг 6. Фиксация разорения**

Разорение фиксируется, если капитал становится отрицательным:

$$I=\left\{\begin{array}{c}1, если U<0\\0, иначе.\end{array}\right.$$

Этот показатель помогает оценить риск для компании.

**Шаг 7. Повторение симуляций**

Выполняется *M* симуляций для формирования распределения прибыли и оценки риска.

Большое количество симуляций обеспечивает статистическую надежность результатов.

**Численный эксперимент**

Исходные данные

* + Количество клиентов: $N=1256$.
	+ Начальный капитал: $u\_{0}​=2000000 руб$.
	+ Суммарная премия: $P=3074400 руб$.
	+ Доля перестрахования: $c=0,3$.
	+ Количество симуляций: $M=10000$.

Распределение клиентов по профилю риска

* + Женщины моложе 30 лет: 20%.
	+ Мужчины моложе 30 лет: 30%.
	+ Женщины старше 30 лет: 25%.
	+ Мужчины старше 30 лет: 25%.
	+ Из них 10% занимаются опасными видами спорта.

Результаты вычисления:

* Средняя прибыль: $E[Π]≈1070000 руб$.
* Дисперсия прибыли: $D[Π]≈250000000$.
* Вероятность разорения: $ψ(u\_{0}​)≈1.2\%$.

**Заключение**

Имитационная модель на основе метода Монте-Карло с использованием исторических данных и возможности перестрахования позволяет оценивать эффективность и надежность страхования от несчастных случаев без предположений о распределении убытков.

Ключевые выводы:

1. Распределение прибыли позволяет оценить частоту высокой или низкой прибыли.
2. Перестрахование снижает риск разорения и сглаживает колебания прибыли.
3. Анализ факторов риска помогает корректировать тарифы и минимизировать потери.
4. Модель учитывает перекрытие с другими видами страхования и поддерживает принятие решений при комплексном управлении страховыми продуктами.

Таким образом, предложенная модель является мощным инструментом для управления рисками в страховании от несчастных случаев.