### LGD

### Оценка модели LGD с помощью -теста

#### Цель применения -теста

-тест используется для проверки статистической значимости различий между средними значениями прогнозируемого и фактического LGD как на уровне всего портфеля, так и в отдельных сегментах. Это позволяет выявить систематические отклонения модели в прогнозировании потерь, которые могут быть признаком некорректной калибровки или других ошибок модели.

#### Постановка задачи

1. **Нулевая гипотеза ()**: Среднее значение прогнозируемого LGD () совпадает с средним фактическим значением LGD ():
2. **Альтернативная гипотеза ()**: Средние значения прогнозируемого и фактического LGD различаются:
3. **Уровень значимости ()**: Обычно задается значение или . Оно определяет порог -value, при котором нулевая гипотеза будет отвергнута.

#### Алгоритм проведения -теста

1. **Сбор данных**:  
   Собираются данные по фактическим значениям LGD () и прогнозируемым моделью значениям LGD () для всего портфеля и каждого сегмента.
2. **Расчет статистики** :  
   Для независимых выборок:

* где:
  + и — средние значения прогнозируемого и фактического LGD соответственно.
  + и — дисперсии прогнозируемого и фактического LGD.
  + и — объемы выборок.
* Для связанных выборок (например, если прогноз и факт оцениваются по одним и тем же клиентам):
* где:
  + — среднее значение разницы между и для каждой записи.
  + — стандартное отклонение разницы.
  + — объем выборки.

1. **Расчет степени свободы ()**:  
   Для независимых выборок:
2. **Определение -value**:  
   С использованием таблицы распределения Стьюдента или соответствующей функции в статистических пакетах (например, Python, R, Excel) рассчитывается -value.
3. **Сравнение -value с** :
   * Если -value : нулевая гипотеза отклоняется, что указывает на статистически значимую разницу между прогнозируемыми и фактическими значениями LGD.
   * Если -value : недостаточно оснований для отклонения нулевой гипотезы, модель демонстрирует удовлетворительную точность на данном уровне значимости.

#### Применение на уровне сегментов

Для оценки модели в разрезе различных сегментов (например, по отраслям, уровням риска или срокам кредита) применяется тот же алгоритм. Каждая группа анализируется отдельно, и результаты сравниваются для выявления сегментов с возможными проблемами калибровки модели.

#### Интерпретация результатов -теста

1. **Нулевая гипотеза принята (-value > )**:  
   Средние значения и статистически не различаются. Это свидетельствует о том, что модель адекватно предсказывает LGD.
2. **Нулевая гипотеза отклонена (-value )**:  
   Обнаружена статистически значимая разница между средними значениями и . Это может указывать на систематическое смещение в прогнозах модели, которое требует доработки или уточнения.

#### Ограничения и рекомендации

* -тест чувствителен к распределению данных. Если распределение сильно отличается от нормального, могут быть искажены результаты. В этом случае рекомендуется использовать непараметрические тесты, такие как тест Манна-Уитни.
* Тест следует проводить как для всего портфеля, так и в разрезе значимых сегментов, чтобы выявить локальные проблемы модели.
* Если -value близко к , рекомендуется дополнительно провести визуализацию (гистограммы, плотности) для анализа различий между прогнозами и фактами.

Этот тест дает количественную оценку различий между прогнозами модели и фактическими значениями LGD и служит основой для последующих тестов, таких как автокорреляция, волатильность или бэктестирование.

### Тесты для проверки корректности сегментации модели LGD

Проверка корректности сегментации — важный этап валидации модели LGD, так как правильное разделение данных на сегменты позволяет учитывать специфические особенности заемщиков и сделок, влияющие на уровень потерь при дефолте. Тесты в этом разделе направлены на выявление ошибок или недостатков в существующей сегментации, а также на подтверждение, что выбранные сегменты релевантны для прогнозирования LGD.

#### 1. **Анализ различий между сегментами**

Цель: проверить, есть ли статистически значимые различия в средних значениях LGD между сегментами.

* **Метод**:  
  Используется анализ дисперсии (ANOVA) или -тест для парных сравнений между сегментами.
  + Гипотезы:
    - : Средние значения LGD для всех сегментов равны.
    - : Есть по крайней мере одна пара сегментов с различными средними значениями LGD.
  + Пример: сравнение сегментов "обеспеченные кредиты" и "необеспеченные кредиты". Если разница незначима, сегментация по обеспеченности может быть нерелевантной.
* **Результат**:  
  Если -value для ANOVA или -теста , сегментация считается значимой. Если различия отсутствуют, необходимо пересмотреть или уточнить критерии сегментации.

#### 2. **Проверка однородности внутри сегментов**

Цель: убедиться, что внутри каждого сегмента значения LGD демонстрируют однородность.

* **Метод**:
  + Расчет внутригрупповой дисперсии LGD для каждого сегмента. Низкая дисперсия свидетельствует о том, что сегментация успешно группирует данные с похожими характеристиками.
  + Тестирование гомогенности дисперсий между сегментами (например, с помощью теста Левена):
    - : Дисперсии LGD внутри сегментов равны.
    - : Дисперсии LGD различаются.
* **Результат**:
  + Если в сегментах высокая внутригрупповая дисперсия, это может свидетельствовать о некорректной сегментации.
  + Если дисперсии LGD между сегментами одинаковы, возможно, текущая сегментация неэффективна.

#### 3. **Визуализация различий между сегментами**

Цель: наглядно проанализировать распределение LGD по сегментам.

* **Метод**:
  + Построение графиков распределений LGD (гистограмм, диаграмм плотности) для каждого сегмента.
  + Использование boxplot (ящиковых диаграмм) для выявления медианных различий и наличия выбросов.
  + Построение графиков зависимости LGD от ключевых факторов (например, уровня обеспечения, срока кредита) внутри каждого сегмента.
* **Результат**:  
  Четкие различия между сегментами подтверждают обоснованность сегментации. Отсутствие видимых различий может быть признаком некорректного разбиения.

#### 4. **Кросс-сегментный анализ LGD**

Цель: проверить, существует ли пересечение данных между сегментами, которые должны быть разделены.

* **Метод**:
  + Анализ распределения LGD для случаев, находящихся на границах сегментов (например, слабо обеспеченные кредиты в группе "обеспеченные").
  + Проверка перекрытия сегментов с использованием кластерного анализа или алгоритмов классификации (например, K-Means или Decision Tree), чтобы подтвердить, что сегменты четко разделены.
* **Результат**:  
  Если наблюдаются значительные пересечения, текущая сегментация требует пересмотра.

#### 5. **Проверка влияния сегментации на качество модели**

Цель: оценить, улучшает ли сегментация точность прогнозов LGD.

* **Метод**:
  1. Рассчитать показатели качества модели (например, , среднеквадратичную ошибку) для сегментированной и несегментированной выборок.
  2. Сравнить результаты для каждой группы.
* **Результат**:  
  Если сегментация значительно улучшает точность модели, она считается оправданной. Если качество модели не улучшается, стоит пересмотреть критерии сегментации.

#### 6. **Проверка бизнес-логики сегментации**

Цель: убедиться, что сегменты имеют экономическое обоснование и соответствуют бизнес-процессам.

* **Метод**:
  + Сравнение сегментов с бизнес-правилами или экспертными оценками. Например:
    - Обеспеченные кредиты должны иметь, как правило, более низкие значения LGD.
    - Длинные сроки кредита могут коррелировать с более высоким LGD.
  + В случае несоответствия данных этим ожиданиям проводится дополнительный анализ и, при необходимости, пересмотр сегментации.
* **Результат**:  
  Если сегменты не имеют экономического обоснования или нарушают бизнес-правила, сегментация требует доработки.

#### 7. **Проверка стабильности сегментации**

Цель: оценить, сохраняются ли различия между сегментами при изменении условий.

* **Метод**:
  + Анализ значений LGD в сегментах за разные периоды времени (например, до и после кризисных событий).
  + Проверка изменений LGD при различных макроэкономических сценариях.
* **Результат**:  
  Если сегментация нестабильна (например, различия между сегментами исчезают при изменении внешних условий), следует пересмотреть подходы к разбиению данных.

### Итог

Тесты для проверки корректности сегментации помогают подтвердить, что выбранное разбиение данных является статистически значимым, экономически обоснованным и способствует повышению точности модели LGD. В случае выявления недостатков сегментацию следует пересмотреть, например, уточнив критерии или добавив дополнительные параметры.

### Бэктестинг модели LGD

Бэктестинг — это процесс проверки точности прогнозов модели на исторических данных, где уже известны фактические значения LGD. Цель бэктестинга — подтвердить, что модель способна адекватно прогнозировать потери при дефолте на основе данных, доступных на момент построения прогнозов.

#### Цели бэктестинга

1. Оценить степень точности прогнозов модели LGD на исторических данных.
2. Проверить, насколько модель устойчива к изменениям рыночных и экономических условий.
3. Выявить сегменты или периоды, в которых модель демонстрирует систематические отклонения.

#### Постановка задачи бэктеста

1. **Данные**: Используются исторические данные, включающие прогнозируемые значения и реализованные фактические значения .
   * Прогнозы должны быть сделаны на основе информации, доступной на момент прогнозирования.
   * Данные должны включать различные временные периоды и сегменты портфеля (например, типы клиентов, отрасли, сроки кредитов).
2. **Метрики для оценки**: Бэктест проводится с использованием нескольких метрик, позволяющих оценить точность и стабильность модели:
   * **Среднеквадратичная ошибка (RMSE)**:
   * Отражает степень отклонения прогнозов модели от фактических значений.
   * **Средняя абсолютная ошибка (MAE)**:
   * Подчеркивает среднее абсолютное отклонение прогнозов.
   * **Среднее отклонение (Mean Bias)**:
   * Позволяет выявить систематические смещения модели (переоценка или недооценка LGD).
3. **Сегментация для анализа**: Результаты бэктеста анализируются по сегментам, чтобы оценить стабильность модели для различных групп данных:
   * Сегментация по срокам кредитов.
   * Обеспеченные и необеспеченные кредиты.
   * Отрасли или типы клиентов.

#### Этапы проведения бэктеста

1. **Сбор данных**:
   * Исторические данные должны включать фактические значения LGD и соответствующие прогнозы на дату выдачи кредита.
   * Данные корректируются на макроэкономические изменения, чтобы избежать эффектов, не связанных с работой модели.
2. **Анализ точности прогнозов**:
   * Для каждого периода и сегмента рассчитываются , и Bias.
   * Результаты сравниваются с пороговыми значениями точности, установленными при разработке модели.
3. **Проверка стабильности**:
   * Сравниваются ошибки прогнозов модели в разные временные периоды (например, в условиях роста экономики и кризиса).
   * Выявляются периоды или сегменты с ухудшением точности прогнозов.
4. **Визуализация результатов**:
   * Построение scatter-плотов для визуального анализа соответствия прогнозов фактическим значениям:
     + Ось : .
     + Ось : .
     + Линия указывает на идеальное соответствие.
   * Построение графиков распределения ошибок (Residual Distribution).
5. **Сравнение с предыдущими версиями модели или бенчмарками**:
   * Если доступна альтернативная модель (например, старая версия или бенчмарк), проводится сравнение точности и стабильности.

#### Примеры выводов на основе бэктестинга

1. **Высокая точность по портфелю в целом, но локальные проблемы в сегментах**:
   * Например, LGD для необеспеченных кредитов систематически переоценен (положительный Bias).
   * Требуется уточнение модели для этого сегмента.
2. **Значительное ухудшение качества прогнозов в кризисные периоды**:
   * Модель недооценивает LGD в условиях экономического спада.
   * Рекомендовано включение дополнительных макроэкономических факторов в модель.
3. **Проблемы с точностью для длинных сроков кредитов**:
   * и выше для кредитов со сроком более 5 лет.
   * Возможна доработка модели для учета долгосрочных рисков.

#### Ограничения и рекомендации

1. **Исторические данные**:
   * Данные должны быть репрезентативными, включая кризисные периоды и события, чтобы оценить устойчивость модели.
   * При наличии неполных данных рекомендуется использовать имитационные методы для восстановления пропусков.
2. **Ретроспективный прогноз**:
   * Прогнозы должны быть рассчитаны только на основе информации, доступной на момент прогнозирования, чтобы избежать эффекта "заглядывания в будущее".
3. **Пороговые значения метрик**:
   * Определение порогов точности для метрик (например, < 0.1) должно учитывать особенности портфеля и рисков, с которыми работает модель.
4. **Дополнительные тесты**:
   * Анализ устойчивости модели к изменению исходных данных (stress-тестирование).
   * Включение сценарного анализа для проверки работы модели в различных макроэкономических условиях.

Бэктестинг позволяет не только оценить точность и стабильность модели LGD, но и выявить ее слабые стороны, которые могут быть устранены в процессе доработки или пересмотра подходов к построению модели.

### Использование отношения волатильности на разработке и валидации в оценке модели LGD

Отношение волатильности между данными разработки модели (development dataset) и данными валидации (validation dataset) может быть полезным инструментом для оценки согласованности и устойчивости модели LGD. Это позволяет понять, насколько изменчивость предсказаний и фактических значений LGD согласуется на разных этапах работы с моделью.

#### Зачем оценивать отношение волатильности?

1. **Согласованность распределений**:  
   Оценка волатильности помогает понять, насколько схожи распределения значений LGD на этапе разработки и валидации. Если волатильность сильно отличается, это может указывать на:
   * Неадекватность выборки данных разработки (например, слишком узкое распределение значений LGD).
   * Плохую переносимость модели на новые данные (overfitting).
2. **Качество прогнозов**:  
   Сравнение волатильности фактических значений LGD на разработке и валидации может выявить, соответствует ли модель рыночным условиям на момент валидации.  
   Волатильность предсказаний () между выборками говорит о том, как модель реагирует на различия в исходных данных.

#### Формулы для оценки волатильности

1. **Расчет волатильности**:  
   Волатильность обычно измеряется как стандартное отклонение:

* где — значения LGD (предсказанные или фактические), — среднее значение LGD.

1. **Отношение волатильности**:  
   Для данных разработки и валидации рассчитываются стандартные отклонения ( и ), а затем их отношение:

* где:
  + — волатильность на валидационной выборке.
  + — волатильность на разработке.

1. **Интерпретация**:
   * : Волатильности сопоставимы, распределение LGD стабильно.
   * : Валидационная выборка имеет большее разброс значений (возможно, модель недостаточно гибка для более разнообразных данных).
   * : Волатильность ниже на валидации (модель, возможно, сглаживает прогнозы, недооценивая риски).

#### Стоит ли использовать этот тест на практике?

1. **Преимущества**:
   * **Простота вычислений**: Формула волатильности и её отношение легко реализуются на практике.
   * **Быстрая диагностика проблемы**: Сравнение волатильности помогает выявить несоответствия между этапами разработки и валидации (например, значительная разница в распределении данных).
   * **Обнаружение ограничений модели**: Если сильно отличается от 1, это может сигнализировать о необходимости пересмотра сегментации, учета новых факторов или адаптации модели.
2. **Ограничения**:
   * **Чувствительность к выбросам**: Волатильность как стандартное отклонение может быть сильно искажена выбросами, особенно на небольших выборках.
   * **Необходимость репрезентативности выборок**: Данные разработки и валидации должны быть репрезентативными для общей популяции. Если выборки существенно различаются по структуре, это может исказить результаты теста.
   * **Недостаточная информативность в изоляции**: Само по себе отношение волатильности не даёт полного представления о качестве модели, поэтому его нужно использовать в сочетании с другими метриками (например, , бэктестинг, Bias).
3. **Практические рекомендации**:
   * Использовать данный тест в качестве **дополнительного инструмента анализа**, а не основного критерия оценки модели.
   * Рассматривать результат теста в контексте других показателей: если волатильность сильно отличается, но остальные метрики (например, точность) в порядке, это может быть особенностью данных.
   * При значительных отклонениях в волатильности дополнительно анализировать распределения данных разработки и валидации, чтобы исключить эффект неравномерной выборки.

#### Итог

Отношение волатильности на разработке и валидации может быть полезным для выявления несоответствий между этапами построения и проверки модели LGD. Однако его практическое использование имеет смысл только как часть комплексной системы тестирования модели. Если выявлены значительные отклонения, важно дополнительно изучить причины и провести корректирующие действия, такие как пересмотр данных разработки или структуры модели.