

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений
и математической экономики

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЖИДАЕМЫХ КРЕДИТНЫХ УБЫТКОВ

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы

направления 09.03.03 – Прикладная информатика

код и наименование направления

механико-математического факультета

наименование факультета, института, колледжа

Бобылева Дениса Юрьевича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

профессор, д.э.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

В.А. Балаш

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

зав. кафедрой, д.ф.-м.н.,

профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.И. Дудов

инициалы, фамилия

Саратов 2022

Введение

Банк, как и любая коммерческая организация, стремится максимизировать свой доход и минимизировать потери. Для достижения второй цели, необходимо оценивать кредитные риски на момент выдачи кредита, чтобы иметь возможность выявить их последствия для деятельности банка.

В настоящее время существует множество различных подходов, предназначенных для определения вероятности возникновения кредитных рисков. Вероятностно-статистические методы или, как их еще называют, эконометрические – наиболее распространенный путь для определения кредитного риска. Вероятностно-статистические методы оценки заемщиков, опираются на статистические данные прошлых лет и не учитывают текущие социально-экономические условия, влияние которых крайне важно.

Актуальность темы обусловлена необходимостью применять эффективные методы управления компаниями, при которых предусмотрено возникновение различных рисков ситуаций и существует совокупность решений и шагов, предпринимаемых для минимизации возникающего ущерба.

Расчеты показателей риска будут проведены для модельного кредитного портфеля, в состав которого входили среднесрочные кредиты (3 года) с разным уровнем риска.

Калибровка параметров модели векторной авторегрессии будет осуществлена по данным государственной статистики РФ и Организации экономического сотрудничества и развития за 2013-2021 годы.

Целью работы является программная реализация методики сценарного моделирования воздействия макроэкономических факторов на убытки кредитного портфеля с использованием модели векторной авторегрессии.

Указанные выше цели требуют постановки следующих задач:

- проанализировать МСФО 9;
- разработать сценарии зависимые от макроэкономических факторов;
- объединить компоненты кредитного риска для оценки ECL;
- ознакомиться с наиболее распространенными эконометрическими инструментами макроэкономических временных рядов и составления сценарных прогнозов (VAR);
- провести моделирование ожидаемых кредитных убытков.

Макроэкономические сценарии

Вероятностно-статистические методы оценки заемщиков, опираются на статистические данные прошлых лет и не учитывают текущие социально-экономические условия, влияние которых крайне важно.

Чтобы решить данную проблему, нужно оценить возможные макроэкономические сценарии.

На практике определение и утверждение макроэкономических сценариев представляет собой сложный процесс. Учреждения поддерживают внутренние макроэкономические модели.

В данной работе были рассмотрены различные варианты развития событий:

1. Нейтральный
2. Негативный
3. Позитивный

Данный пример соответствует векторной авторегрессионной (VAR) эконометрической модели. MATLAB позволяет нам интерактивно подбирать и анализировать эконометрические модели, включая модели VAR.

Преобразование переменных и проведение анализа

Исследуются временные ряды Российской Федерации, охватывающие период 2013-2021 годов. Данные были получены из открытых источников: государственной статистики РФ и Организации экономического сотрудничества и развития. Давайте рассмотрим следующие временные ряды Российской Федерации:

- Валовой внутренний продукт (GDP) - NAEXKP01RUQ652S,
- индекс потребительских цен (CPI) - RUSCPIALLQINMEI,
- индекс Мосбиржи (EQ) - IMOEX.ME,
- обменный курс рубля к доллару США (ER) - IMOEX.ME,
- ставка ЦБ (RST) - IR3TIB01RUM156N.

Анализ выполняется с помощью следующих шагов:

- Загрузить данные;
- Проверить стационарность: тест ADF;
- Оценить модель;
- Провести диагностические проверки.

Дополненный тест Дики–Фуллера (ADF) проверяет стационарность временных рядов. Согласно этому тесту, следующая таблица 1 показывает, что нулевая гипотеза единичного корня не может быть отклонена для исходного временного ряда.

Таблица 1 — тест Дики–Фуллера (ADF)

Имя переменной	Исходная переменная	Δ
z_t	0.9298	0.0839
π_t	0.9399	< 0.01
eq_t	0.6078	< 0.01
er_t	0.7647	< 0.01
r_t^{ST}	0.8539	< 0.01
r_t^{IT}	0.6912	< 0.01

В данном случае гипотеза единичного корня отвергается для всех временных рядов с первой разницей.

Оценка и выбор модели осуществляются в сочетании с диагностической проверкой.

```

1 # 4. Diagnostic checks
2 # 4.1. VEC to VAR transformation
3 vec2var<-vec2var(VECM2,r=2)
4 # 4.2. Tests
5 vec2var.norm<- normality.test(vec2var)
6 vec2var.normjb.mul
7 # JB-Test (multivariate)
8 # data: Residuals of VAR object vec2var
9 # Chi-squared = 8.7552, df = 12, p-value = 0.7237
10 # Skewness only (multivariate)
11 # data: Residuals of VAR object vec2var
12 # Chi-squared = 4.2288, df = 6, p-value = 0.6458
13 # Kurtosis only (multivariate)
14 # data: Residuals of VAR object vec2var
15 # Chi-squared = 4.5265, df = 6, p-value = 0.6058

```

Нетипичные наблюдения не выявлены.

ESL

Ожидаемые кредитные убытки могут быть представлены как произведение трех основных параметров: PD, LGD и EAD. Цель состоит в том, чтобы предвидеть создание резервов на возможные потери, избегая несвоевременного признания обесценения кредита в финансовой отчетности (1):

$$ESL_{pt}^{life}(\mathbf{x}_t^*) = \sum_{i=1}^{n_{pt}} \left[\sum_{t=1}^{I_i} PV_t(PD_{i,t} \cdot LGD_{i,t} EAD_{i,t} | \mathbf{x}_t^*) \right], \quad (1)$$

где верхний индекс *life* означает срок службы, в то время как нижний индекс *pt* указывает портфель, по которому проводится анализ. PV_t представляет оператор приведенной стоимости. Вычисления проводятся на уровне учетной записи *i* в течение жизненного цикла. Наконец, перспектива учитывается путем привязки как параметров кредитного риска, так и оценки текущей стоимости к макроэкономическому сценарию x_t .

Кредитный риск, отраженный в финансовой отчетности, отражает влияние на ожидаемые кредитные убытки ряда возможных исходов, рассчитанных на основе взвешенной вероятности, на основе экономических сценариев, описанных выше, включая наложение руководства, где это необходимо.

Взвешенная по вероятности сумма обычно представляет собой большее число, чем было бы в результате использования только центрального(наиболее вероятного) экономического сценария. Ожидаемые убытки, как правило, имеют нелинейную зависимость от многих факторов, влияющих на кредитные убытки, например, более благоприятные макроэкономические факторы не уменьшают дефолты настолько, насколько менее благоприятные макроэкономические факторы увеличивают дефолты.

Каждый внешний сценарий согласуется с вероятностью 15%, в то время как центральному сценарию присваиваются оставшиеся 70%. Эта схема взвешивания считается подходящей для вычисления несмещенного ESL. Ключевые сценарные допущения устанавливаются с использованием среднего значения прогнозов внешних экономистов. Это помогает обеспечить непредвзятость сценариев, предусмотренных МСФО 9, и максимально использовать независимую информацию.

Давайте рассмотрим кредитный портфель, состоящий из пяти счетов.

Для вычисления ECL рассматриваются три сценария, как указано ниже:

- **Базовый уровень:** вероятность 50%;
- **Потенциал роста:** вероятность 20%;
- **Неблагоприятный:** вероятность 30%.

Вычисления выполняются на ежегодной основе.

- Срок погашения портфеля составляет три года;
- Предполагается, что никаких предоплат или переплат не будет.

В таблицах (2), (3), (4) обобщены оценки ECL для всех трех описанных выше сценариев. Для каждого портфельного счета применяется схема амортизации.

Таблица 2 — ECL при альтернативных сценариях (тыс. рублей).

Базовый	PD ₀	PD ₁	PD ₂	PD ₃	Total
ID1	25.2	17.5	11.2	4.9	59.5
ID2	392.0	266.0	161.0	73.5	892.5
ID3	74.9	49.0	28.7	12.6	165.2
ID4	6.3	4.2	2.8	1.4	14.7
ID5	1.4	1.4	0.7	0.0	3.5
Total	500.5	338.1	204.4	93.1	1136.1

Таблица 3 — ECL при альтернативных сценариях (тыс. рублей).

Положительный	PD ₀	PD ₁	PD ₂	PD ₃	Total
ID1	20.3	13.3	8.4	3.5	45.5
ID2	317.1	206.5	120.4	53.2	697.2
ID3	60.9	38.5	21.7	9.1	130.9
ID4	4.9	3.5	2.1	0.7	11.2
ID5	1.4	0.7	0.7	0.0	2.8
Total	404.6	263.2	152.6	67.2	888.3

В соответствии с приведенной выше схемой взвешивания (то есть базовый уровень 50%, положительный 20% и неблагоприятный 30%), ECL портфеля

Таблица 4 — ECL при альтернативных сценариях (тыс. рублей).

Неблагоприятный	PD ₀	PD ₁	PD ₂	PD ₃	Total
ID1	32.9	23.8	16.8	6.3	79.8
ID2	504.0	355.6	235.2	88.2	1183.7
ID3	95.9	65.1	41.3	14.7	217.0
ID4	8.4	6.3	4.2	1.4	20.3
ID5	2.1	1.4	1.4	0.7	4.9
Total	643.3	452.2	298.2	111.3	1505

составляет:

$$ECL = 1136.1 * 0.5 + 888.3 * 0.2 + 1505 * 0.3 = 1197.2 \text{ тыс. руб.}$$

Также требуется классификация кредитов по трем сегментам (этапам). На основе этого распределения применяется различие между однолетним и пожизненным ECL.

Промежуточное распределение

Основная цель процесса поэтапного распределения состоит в том, чтобы определить, испытал ли счет значительное увеличение кредитного риска с момента его создания. В соответствии с МСФО 9 кредиты распределяются между тремя различными сегментами, как указано ниже:

- **Этап 1.** Существенного ухудшения кредитного риска нет, поскольку на отчетную дату кредит был выдан. В этом случае применяется однолетний ECL;
- **Этап 2.** На отчетную дату зафиксировано значительное увеличение кредитного риска с момента его возникновения. ECL вычисляется на протяжении всего срока службы;
- **Этап 3.** В эту корзину входят учетные записи с дефолтом. Применяется пожизненный ECL.

Выделен следующий кластер:

- **Низкий риск:** средний PD на отчетную дату 1,50%;
- **Средний риск:** средний PD на отчетную дату 1,50% < PD 3,50%;
- **Высокий риск:** средний PD на отчетную дату > 3,50%.

Средневзвешенный срок действия PD используется для распределения учетных записей на стадию 1 или стадию 2 на основе следующего:

- Распределение основано на средневзвешенном сроке службы.
- Средневзвешенный срок службы PD сравнивается с пороговым значением.
- Значение предназначено для одного этапа.

Давайте рассмотрим промежуточный порог в 6,00% для данного анализируемого примера.

Рассматриваются три сценария, обозначенные в таблице 5 как А, В и С. Однолетние и пожизненные *PDs* показаны в зависимости от сценариев. Применяется упрощающее предположение о постоянном LGD. С финансовой точки зрения мы полагаемся на универсальный инструмент, который выплачивает как основную сумму долга, так и проценты по истечении срока погашения. Учетная запись выделяется для этапа 1 на основе средневзвешенного PD за весь срок службы. В нашем случае средний срок службы PD составляет 5,55% (то есть, $2.00\% \cdot 30.00\% + 5.50\% \cdot 50.00\% + 11.00\% \cdot 20.00\%$). Поскольку $5,55\% < 6,00\%$, счет распределяется на этап 1.

Таблица 5 — ECL (в тыс. рублей)

	Вес	PD ₁	PD _{ALL}	EAD	ECL ₁	ECL _{ALL}	Вз. ECL ₁	Вз. ECL _{ALL}
А	30.00%	1.00%	2.00%	1,000.00	42.0	840.0	126.0	252.0
В	50.00%	4.00%	5.50%	1,000.00	1680.0	2310.0	840.0	1155.0
С	20.00%	7.00%	11.00%	1,000.00	2940.0	4620.0	588.0	924.0
Сред.							1554.0	2331.0

Следовательно, ECL составляет 1 554 тыс. рублей (то есть оценка за один год).

Проверка ECL

Модели кредитного портфеля обычно ориентированы на однолетний горизонт. Они рассматривают PD как стохастический, тогда как LGD и EAD являются детерминированными. Тем не менее, можно легко снять эти ограничения, рассмотрев многопериодную настройку, где всем параметрам разре-

шено колебаться в зависимости от экономических изменений. Это становится естественной основой для проверки оценок ECL.

Необходимо выполнить следующие действия:

- **Моделирование макроэкономического сценария.** Сценарии генерируются на протяжении всего срока службы.
- **Параметры кредитного риска.** Параметры кредитного риска прогнозируются на уровне счета.
- **Моделирование по умолчанию.** Для каждого макроэкономического сценария используется t-критерий Стьюдента.

В качестве индекса кредитоспособности могут быть использованы ежеквартальные временные ряды показателей дефолта с 2001 по 2021 год.

Результатом выполнения программы является данный график (1):

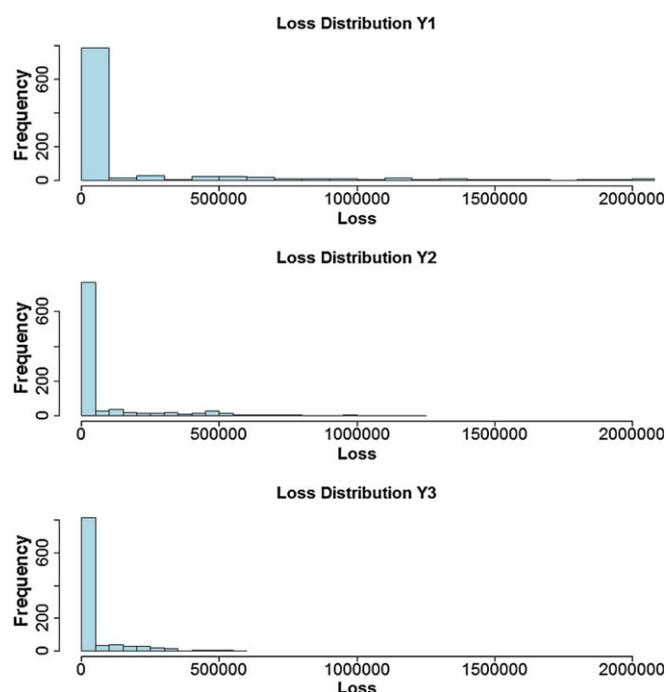


Рисунок 1 — Распределение кредитных убытков на основе моделирования t-критерия Стьюдента за 1, 2 и 3 года.

При использовании t-критерия Стьюдента, рассчитанного на основе эмпирических данных, совокупный средний убыток составляет 2 413 тыс. рублей. В случае нулевой корреляции эти потери уменьшаются до 2 347 тыс. рублей, что очень близко к 2 331 тыс. рублей за весь срок службы ECL, рассчитанному как $PD \times LGD \times EAD$.

Заключение Таким образом, в дипломной работе отражена основная терминология и базовые понятия моделирования ожидаемых кредитных убытков. Были рассмотрены некоторые ключевые концепции анализа многомерных временных рядов с помощью моделей векторной авторегрессии (VAR). Эти модели были изучены в качестве основы для разработки макроэкономических сценариев, соответствующих модели ожидаемых кредитных убытков (ECL). При расчетах рассматривались следующие варианты сценариев, зависящих от макроэкономических показателей (ВВП, индекс занятости, ставка ЦБ, индекс Мосбиржи): базовый, положительный и неблагоприятный. Калибровка параметров модели векторной авторегрессии осуществлялась поданным государственной статистики РФ за 2013-2021 годы.

Расчеты кредитного убытка (PD, EAD, ECL) были проведены для модельного кредитного портфеля, в состав которого входили среднесрочные кредиты (3 года) с разным уровнем риска. Был проведен поэтапный процесс для разделения кредитов в соответствии МСФО 9. Исходя из этого, применялся однолетний или пожизненный ECL. В итоге в результате моделирования были получены значения среднего убытка с использованием t-критерия Стьюдента и ECL.

Полученные значения были проверены. Значительных различий в результатах при подсчете методом ECL и с помощью t-критерия Стьюдента выявлено не было.

Таким образом в дипломной работе были достигнуты следующие цели:

- проанализирован стандарт МСФО 9;
- объединены компоненты кредитного риска для оценки ECL;
- разработаны сценарии зависящие от макроэкономических факторов;
- проведено моделирование ожидаемых кредитных убытков с помощью модели векторной авторегрессии (VAR).
- проведена проверка полученных результатов.

Таким образом в дипломной работе была решена задача реализации методики сценарного моделирования воздействия макроэкономических факторов на убыток кредитного портфеля с использованием модели векторной авторегрессии (VAR).